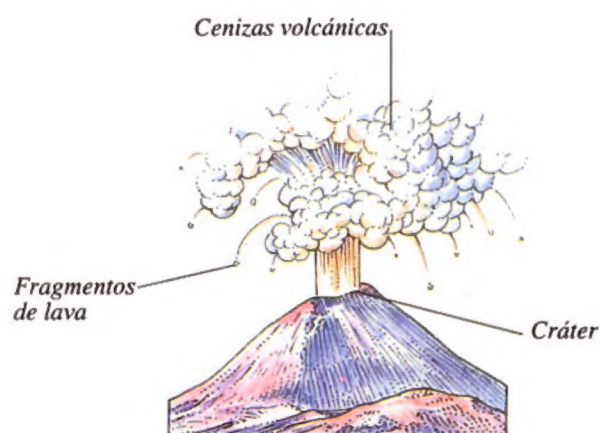


ENCICLOPEDIA VISUAL

TIERRA



VOLCÁN ACTIVO

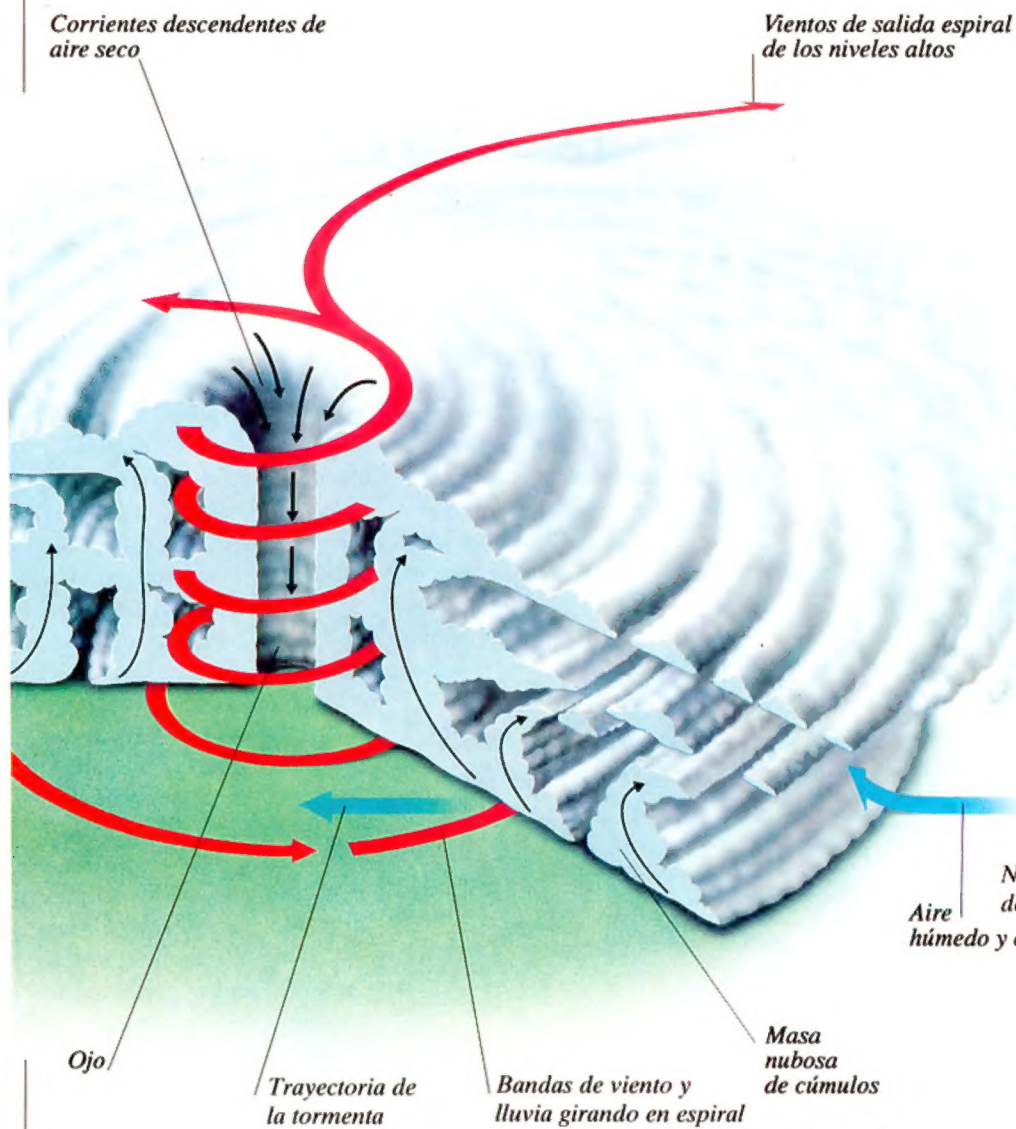


la calidad que usted conoce.

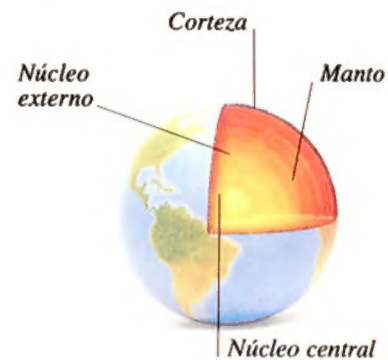
Expreso



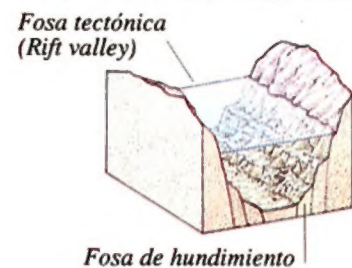
ESTRUCTURA DE UN HURACÁN



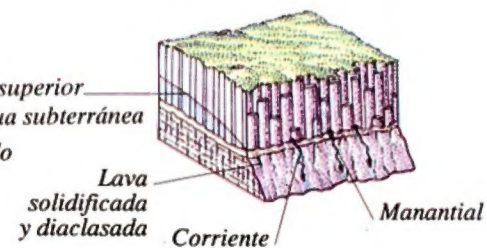
ESTRUCTURA DE LA TIERRA



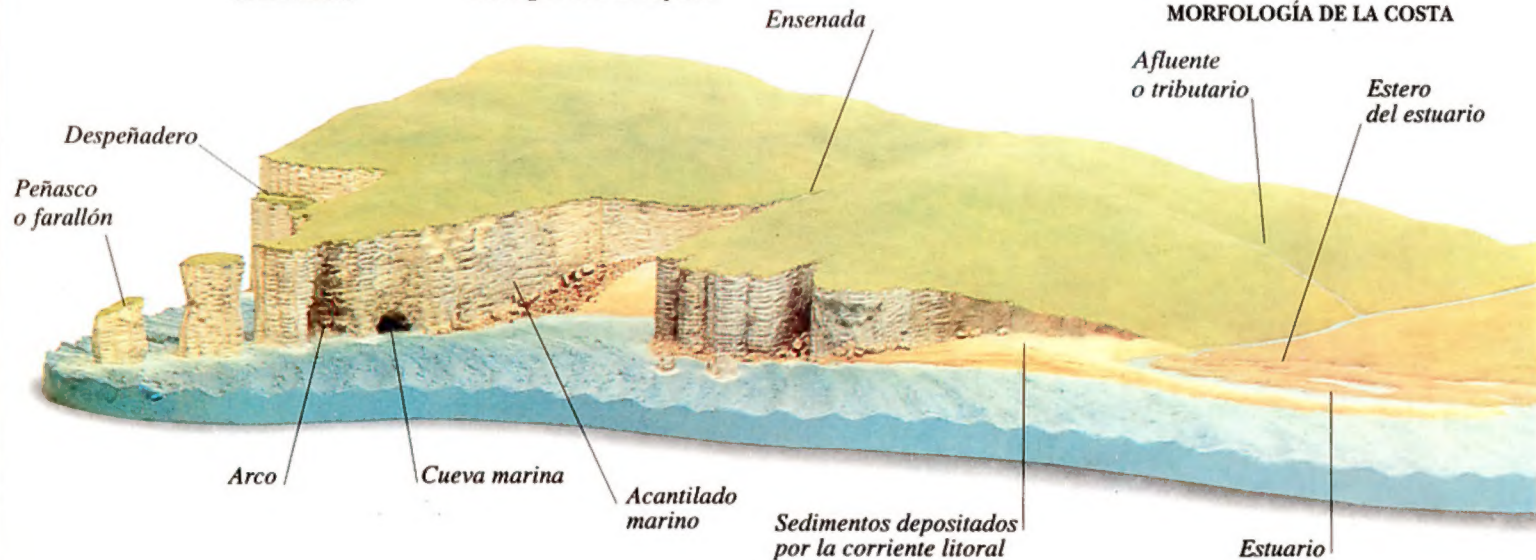
LAGO GRABEN (BLOQUE FALLADO)



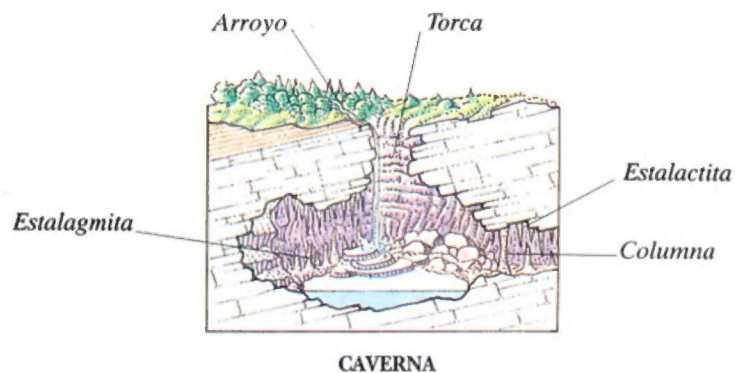
MANANTIAL DE LAVA



MORFOLOGÍA DE LA COSTA



TIERRA



*Cabo
o promontorio*

*Restos
del cabo
primitivo*

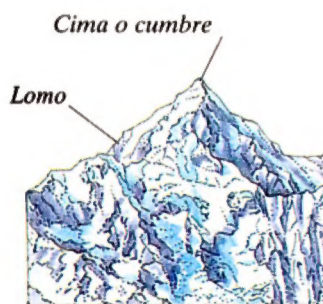
AMEREIDA



Consejo Editorial

Londres:

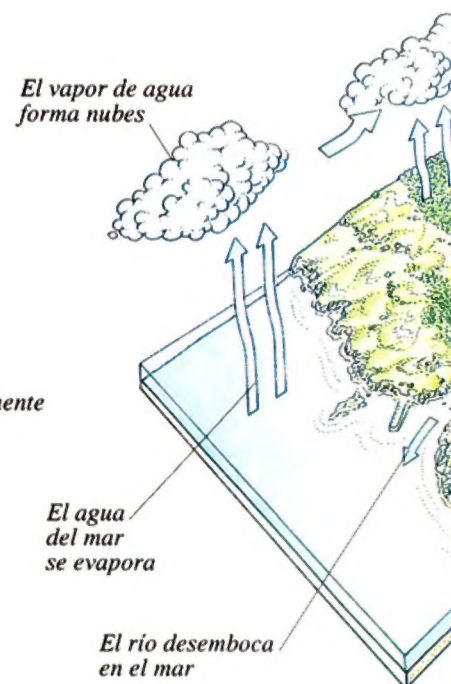
Peter Kindersley, Bryan Walls, Duncan Brown,
Simone End, Nicki Liddiard, Mary Lindsay,
Richard Cummins, FRCS, Dr. Fiona Payne,
Dr. Frances Williams, Paul Wilkinson, Chez Picthall,
Ruth Midgley, Peter Chadwick, Geoff Dann, Dave King,
Hilary Stephens.



MONTAÑA



**FORMACIÓN DE LA ONDA ROSSBY
EN EL FRENTE POLAR**



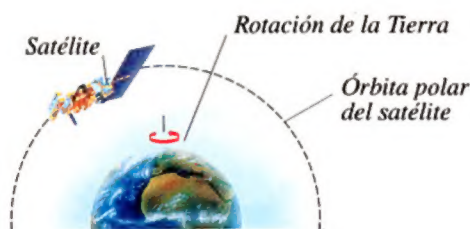
Título original: *The Visual Dictionary of the Earth.*

Publicado originalmente en Gran Bretaña en 1991
por Dorling Kindersley Limited, 9 Henrietta Street,
London WC2E 8PS.

Copyright © 1991 by Dorling K. Limited, London.

1996

Todos los Derechos Reservados.
Co-Edición EDITORIAL AMEREIDA S.A.
ERNESTO PINTO LAGARRIGE 148
SANTIAGO-CHILE
TELÉFONO (562) 7371905 - FAX (562) 7359451

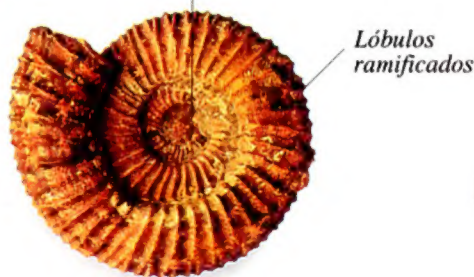


MAPEO TERRESTRE
POR MEDIO DE UN SATELITE



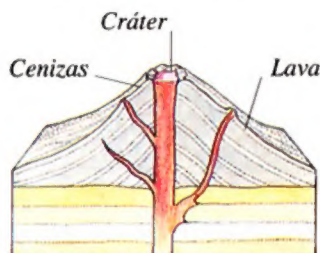
CICLO
DEL AGUA

Cámara inicial u ombligo



Lóbulos
ramificados

PAVLOVIA
(MOLUSCO AMMONITE)



VOLCÁN COMPUESTO
(Tipo Éneo)

Sumario

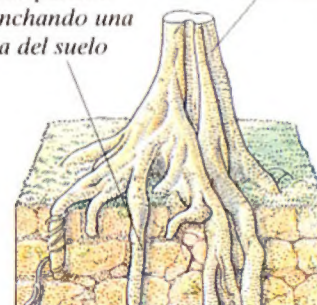
El planeta Tierra	6
Elementos físicos de la Tierra	8
El tiempo geológico	10
Corteza terrestre	12
Plegues y fallas	14
Formación de una montaña	16
Los volcanes	18
El ciclo de la roca	20
Minerales	22
Características de los minerales	24
Rocas ígneas y metamórficas	26
Rocas sedimentarias	28
Los fósiles	30
Recursos minerales	32
Meteorización y erosión	34
Cuevas	36
Glaciares	38
Ríos	40
El curso del río	42
Lagos y aguas subterráneas	44
Costas	46
Mares y océanos	48
El fondo oceánico	50
La atmósfera	52
El tiempo meteorológico	54
Datos de la Tierra	56

Calcita

ESTALACTITA

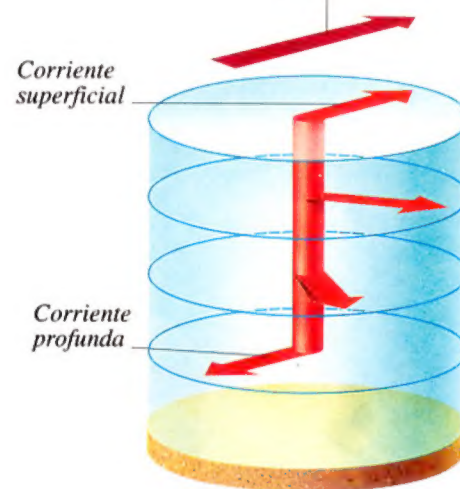
La raíz penetra ensanchando una grieta del suelo

Tronco



ACCIÓN
DE UNA RAÍZ

Viento



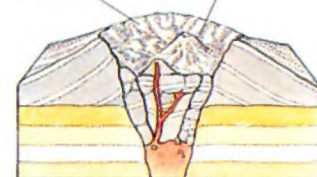
Corriente
superficial

Corriente
profunda

ESPIRAL DE EKMAN
(HEMISFERIO NORTE)

Caldera
(cráter
del volcán)

Cono
antiguo



VOLCÁN EN CALDERA
(Tipo Hawaiano)

El planeta Tierra



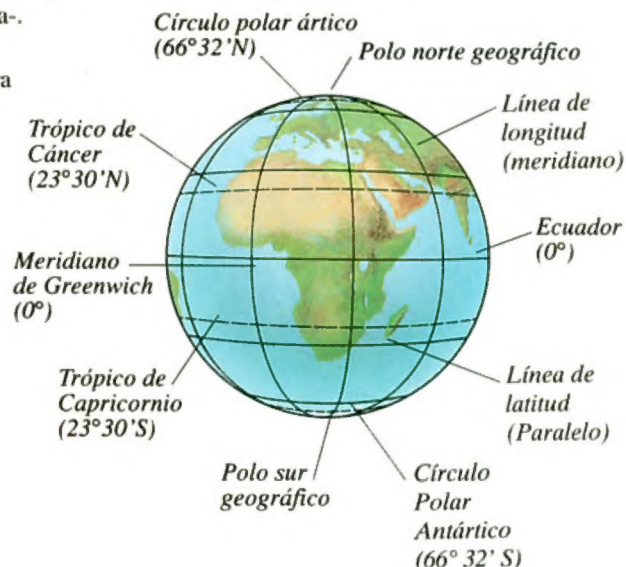
LA TIERRA ES UNO DE LOS NUEVE PLANETAS que dan vueltas alrededor del Sol, que es sólo una entre los 100.000 millones de estrellas que existen aproximadamente, en nuestra galaxia -la Vía Láctea-.

La Tierra es el único planeta habitado por seres vivos que conocemos, hecho que es posible gracias a que se encuentra a una correcta distancia del Sol. Si estuviera más cerca, sería demasiado calurosa para permitir la vida, y si estuviera más lejos, sería demasiado fría. Además, la Tierra es el único planeta que conocemos que posee grandes cantidades de agua. Su atmósfera filtra la radiación nociva del Sol y protege al planeta del impacto de los meteoritos. La Tierra

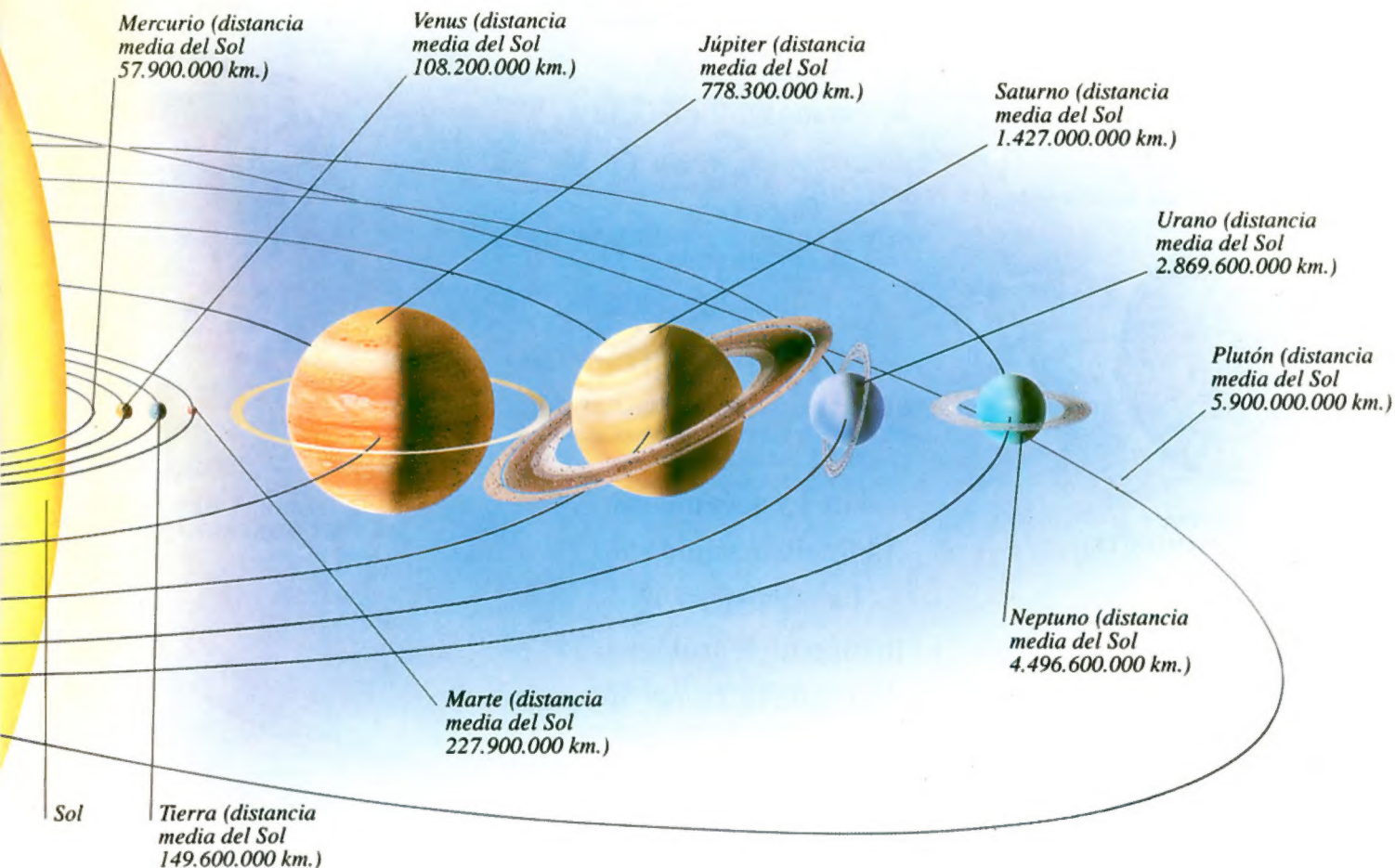
está formada por cuatro capas o estratos principales: un núcleo central, otro externo, el manto y la corteza. El centro del planeta está formado por el núcleo interno sólido, a una temperatura cercana a los 4.000 °C. El calor del núcleo central provoca que los materiales fundidos del núcleo externo y del manto circulen en corrientes de convección.

Se piensa que esas corrientes de convección generan el campo magnético de la Tierra, que se extiende hacia el espacio formando la magnetósfera.

SISTEMA DE COORDENADAS TERRESTRES



EMPLAZAMIENTO DE LA TIERRA EN EL SISTEMA SOLAR



ESTRUCTURA DE LA TIERRA

Corteza de silicatos de un espesor aproximado de entre 6-40 km.

Discontinuidad de Mohorovicic (límite entre la corteza y el manto)

Manto formado casi enteramente de silicatos sólidos de un grosor aproximado de 2.800 km.

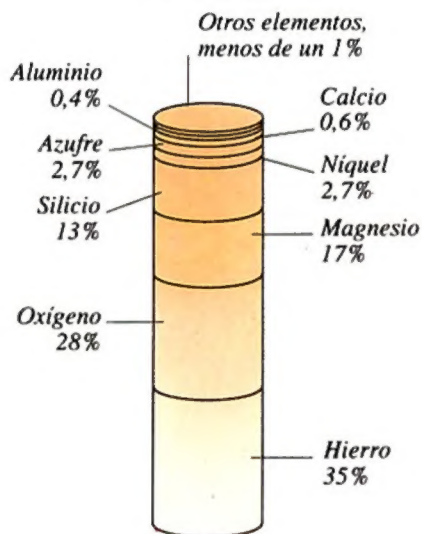
Corrientes de convección

Discontinuidad de Gutenberg (límite entre el núcleo externo y el manto)

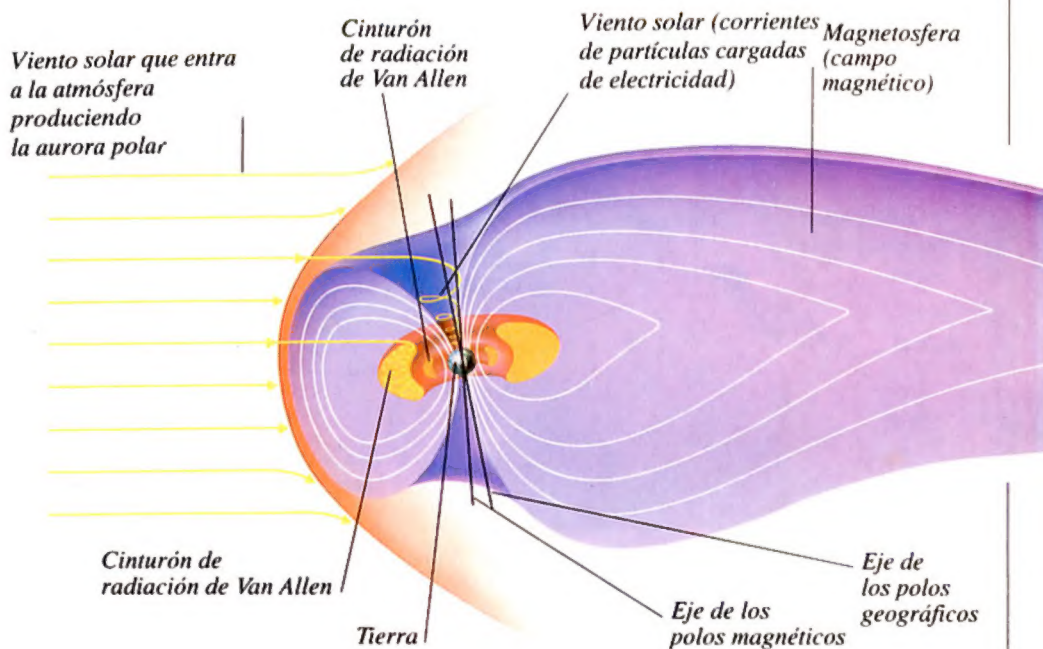
Núcleo externo fundido de hierro y níquel de unos 2.300 km. de ancho

Núcleo central sólido de hierro y níquel de unos 2.400 km. de diámetro

COMPOSICIÓN DE LA TIERRA



MAGNETÓSFERA TERRESTRE



Elementos físicos de la Tierra

EJEMPLOS DE PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

LA MAYOR PARTE DE LA SUPERFICIE TERRESTRE (cerca del 70 por ciento) está cubierta por agua. Sólo el Océano Pacífico, la superficie más grande de agua, cubre cerca del 30 por ciento del total. La mayor parte de las tierras está distribuida en siete continentes que son (de mayor a menor) Asia, África, América del Norte, América del Sur, Antártica, Europa y Oceanía, y en multitud de islas. El aspecto físico de las tierras varía enormemente. Entre los rasgos mas notables están las cordilleras, los ríos y los desiertos. Las cordilleras más largas -los Himalaya, en Asia y los Andes, en Sudamérica- se extienden por miles de kilómetros. En los Himalaya está el monte más alto de la Tierra, el Everest (8.848 metros). Los ríos más largos son el Nilo, en África (6.695 kilómetros) y el Amazonas, en Sudamérica (6.437 kilómetros). Los desiertos cubren cerca del 20 por ciento del total de las tierras emergidas. El más grande es el Sahara, que cubre cerca de un tercio de África. Las variaciones del relieve terrestre se pueden representar de varias formas, pero sólo mediante un globo se representarán correctamente superficies, formas, tamaños y direcciones, ya que siempre se producen distorsiones cuando una superficie esférica -como la Tierra, por ejemplo- se proyecta sobre la superficie plana de un mapa. Cada superficie proyectada en un mapa muestra con gran precisión algunos aspectos, pero distorsiona otros. Incluso los exactos mapeos satelitales no son completamente fieles, aunque sí pueden mostrar elementos físicos con gran claridad.



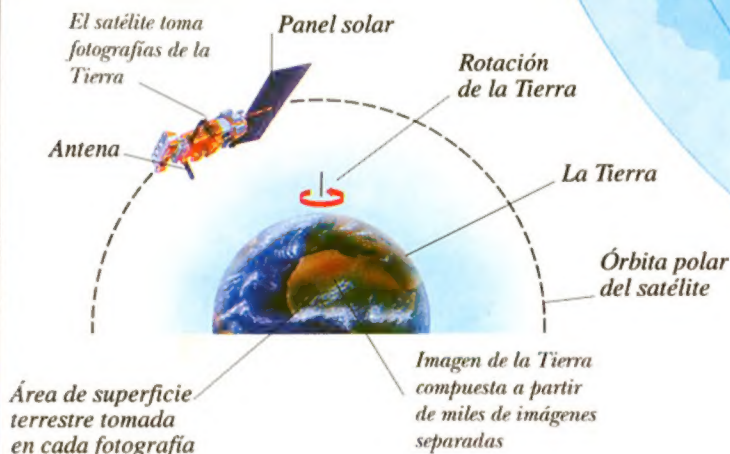
PROYECCIÓN
CILÍNDRICA

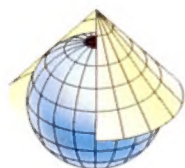


CARTOGRAFÍA
CILÍNDRICA

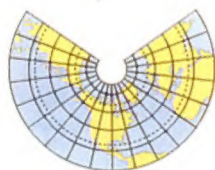


SATÉLITE CARTOGRAFIANDO LA TIERRA

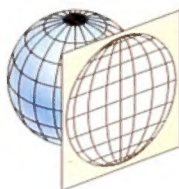




PROYECCIÓN
CÓNICA



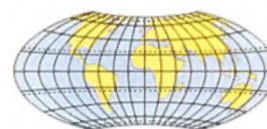
CARTOGRAFÍA
CÓNICA



PROYECCIÓN
CENTAL

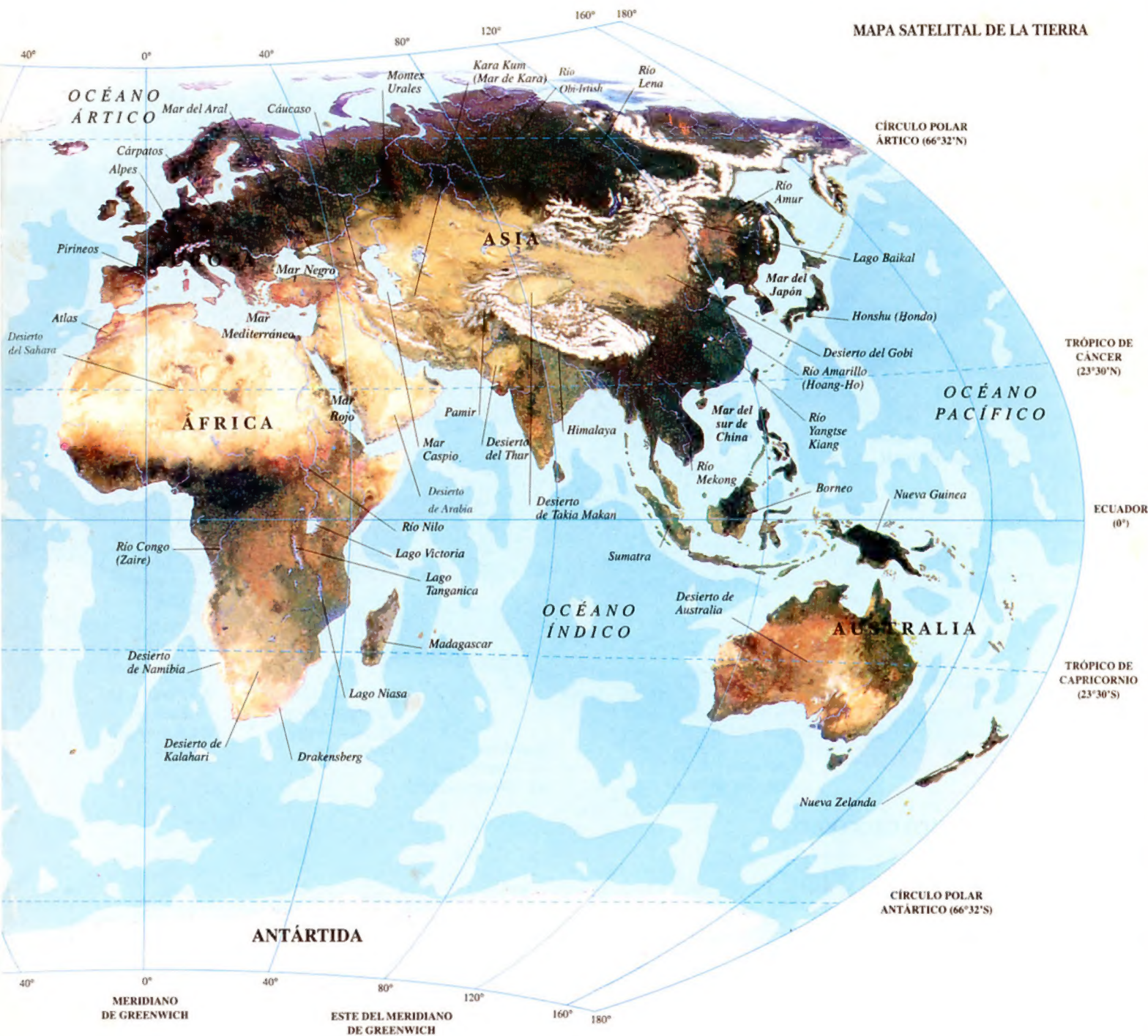


CARTOGRAFÍA
CENTAL



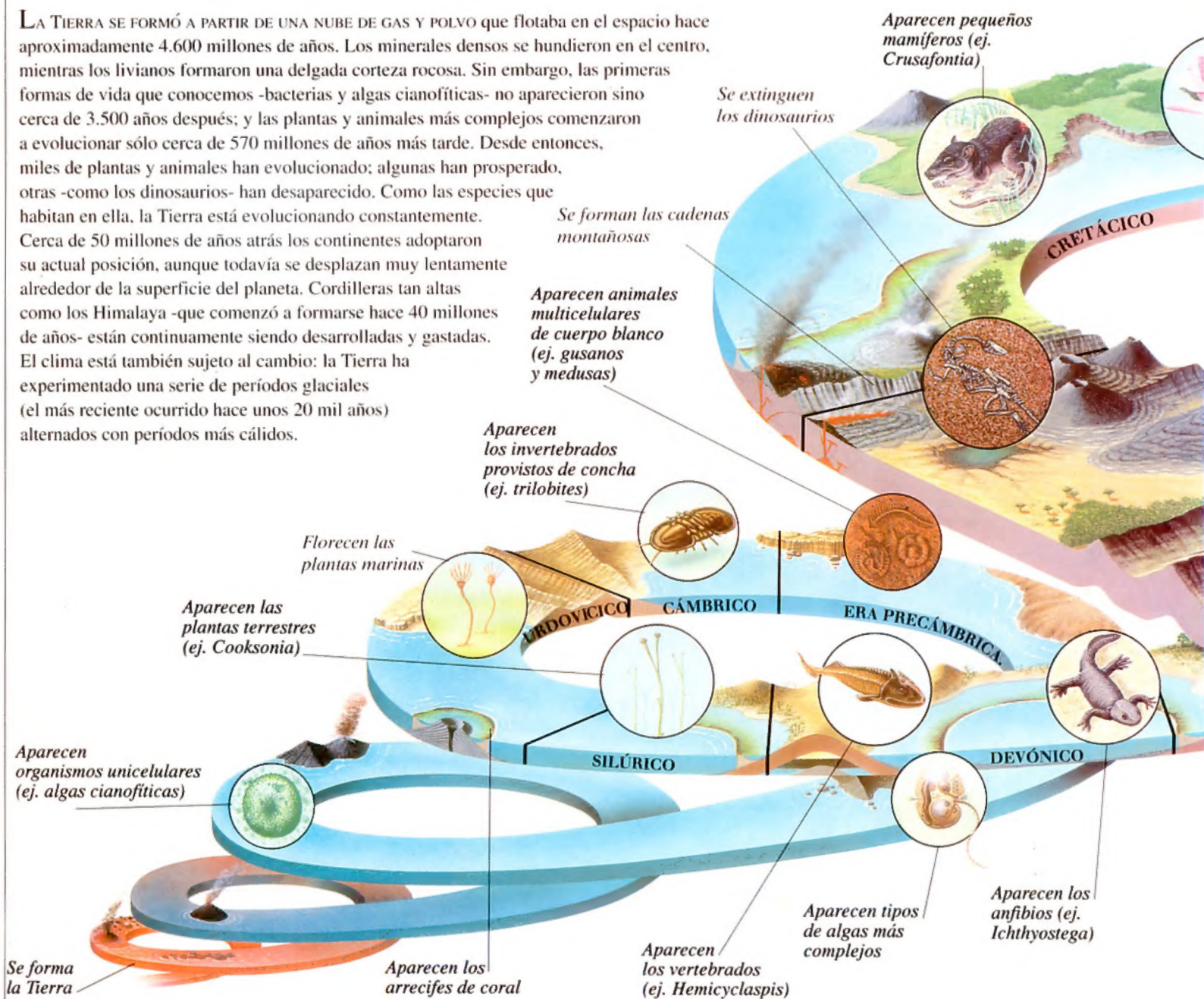
CARTOGRAFÍA
CENTAL MODIFICADA

MAPA SATELITAL DE LA TIERRA



El tiempo geológico

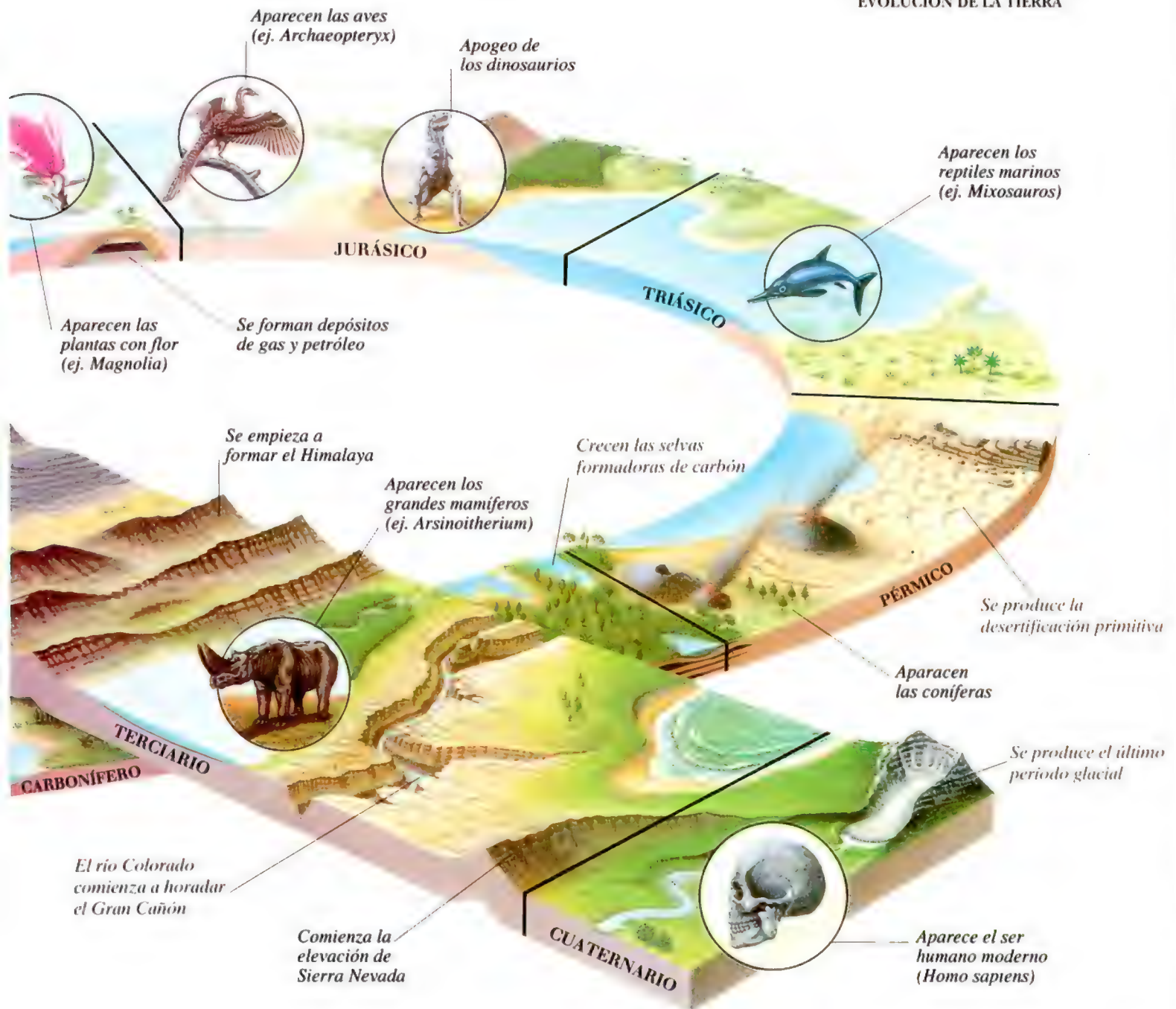
LA TIERRA SE FORMÓ A PARTIR DE UNA NUBE DE GAS Y POLVO que flotaba en el espacio hace aproximadamente 4.600 millones de años. Los minerales densos se hundieron en el centro, mientras los livianos formaron una delgada corteza rocosa. Sin embargo, las primeras formas de vida que conocemos -bacterias y algas cianofíticas- no aparecieron sino cerca de 3.500 años después; y las plantas y animales más complejos comenzaron a evolucionar sólo cerca de 570 millones de años más tarde. Desde entonces, miles de plantas y animales han evolucionado; algunas han prosperado, otras -como los dinosaurios- han desaparecido. Como las especies que habitan en ella, la Tierra está evolucionando constantemente. Cerca de 50 millones de años atrás los continentes adoptaron su actual posición, aunque todavía se desplazan muy lentamente alrededor de la superficie del planeta. Cordilleras tan altas como los Himalaya -que comenzó a formarse hace 40 millones de años- están continuamente siendo desarrolladas y gastadas. El clima está también sujeto al cambio: la Tierra ha experimentado una serie de períodos glaciales (el más reciente ocurrido hace unos 20 mil años) alternados con períodos más cálidos.



ESCALA DEL TIEMPO GEOLÓGICO



EVOLUCIÓN DE LA TIERRA



Corteza terrestre

ELEMENTOS DE LA CORTEZA TERRESTRE

LA CORTEZA TERRESTRE ES LA CAPA SÓLIDA EXTERIOR de la Tierra. En ella se incluye la superficie continental (de un espesor aproximado de 40 kilómetros) y la corteza oceánica (de cerca de 6 kilómetros de grosor). La corteza y las capas superiores del manto forman la litósfera, constituida por placas semirígidas que se mueven por acción de la astenósfera (estrato parcialmente derretido del manto) que las sostiene. Este proceso es conocido como tectónica de placas. Cuando dos placas se separan se producen grietas en la corteza. En medio del océano este movimiento genera la expansión del suelo oceánico y la formación de cordilleras submarinas. En los continentes el despliegue de la corteza puede formar fosas tectónicas o valles agrietados. Cuando las placas se mueven en dirección contraria, una de ellas puede deslizarse bajo la otra. En alta mar el resultado de estos deslizamientos (subducciones) pueden ser fosas oceánicas, actividad sísmica y arcos de islas volcánicas. Las montañas pueden formarse como consecuencia de la subducción de la corteza oceánica bajo la corteza continental, o bien como consecuencia de la colisión de dos masas continentales. Las placas también pueden deslizarse una sobre otra, que es lo que pasa, por ejemplo, en la falla de San Andrés. La tectónica de placas nos puede ayudar a explicar la teoría de la deriva de los continentes, según la cual hace unos 175 millones de años los continentes se fueron agrupando para formar una sola masa, el supercontinente denominado Pangea, que posteriormente se fue fragmentando.



MOVIMIENTO DE PLACAS

Cresta que se forma donde el magma asciende para crear una nueva corteza oceánica

Fosa oceánica que se forma en el lugar donde la corteza oceánica es forzada a pasar bajo la continental

Zona de subducción

Región de expansión oceánica

Grieta originada donde se separan dos placas

El magma (roca fundida) erupciona por la grieta

El magma asciende y crea un punto caliente

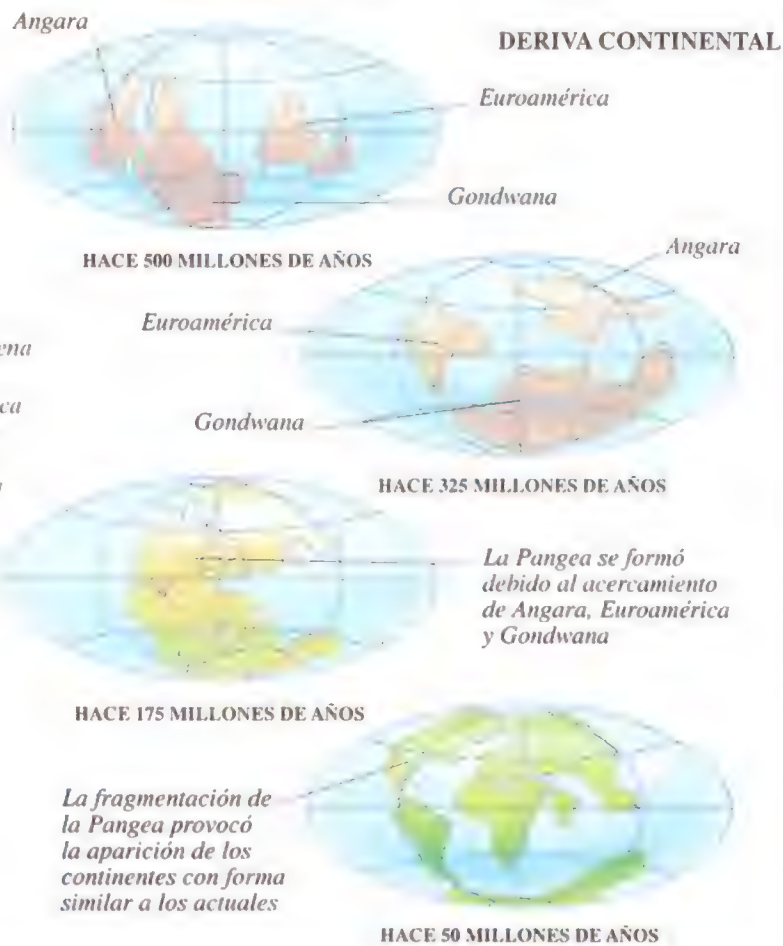
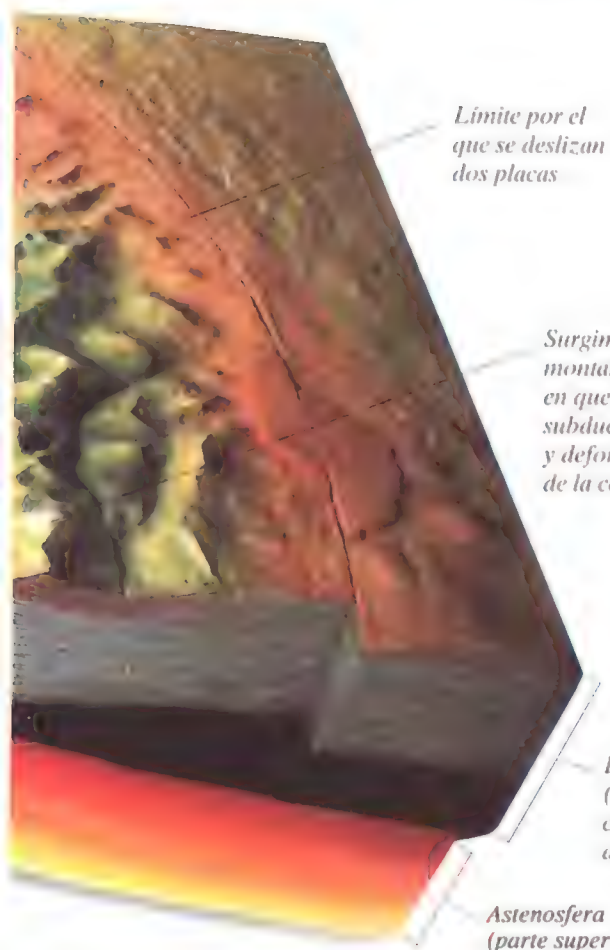
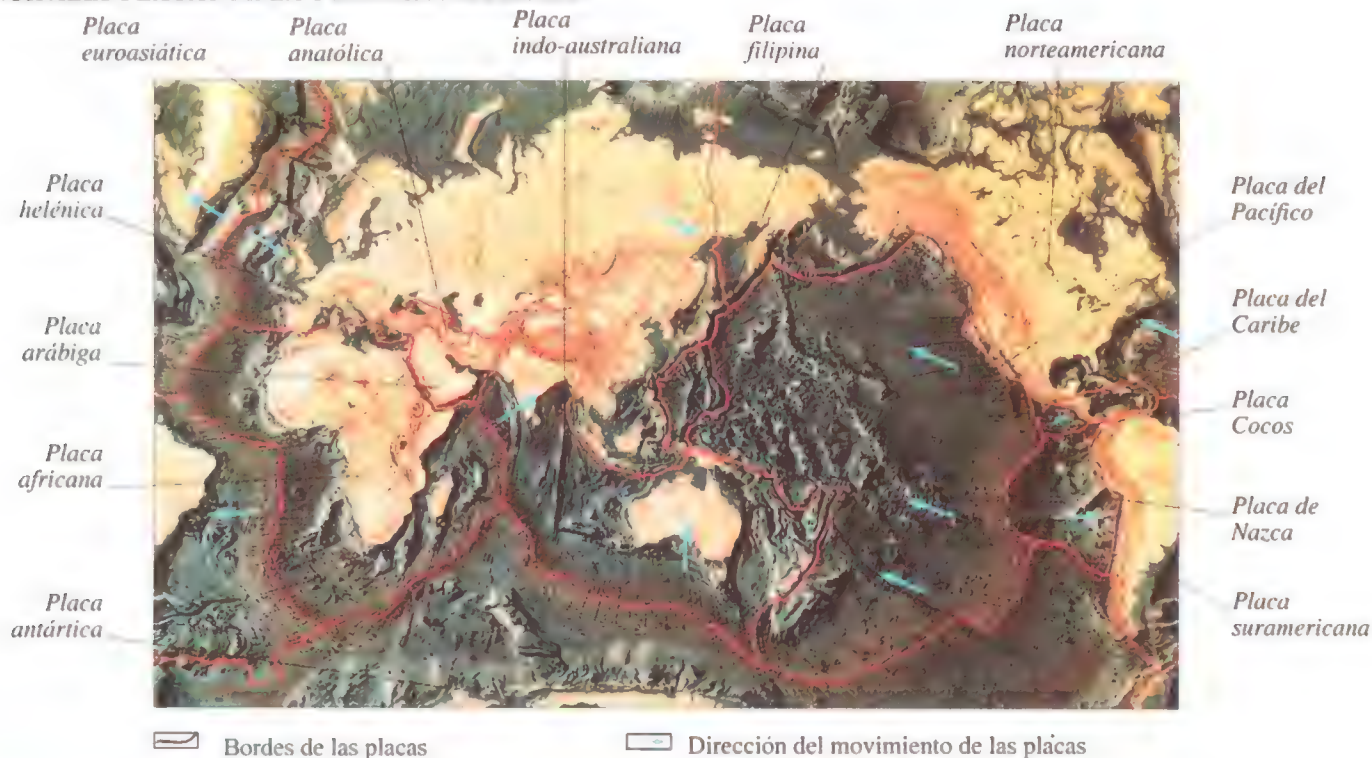
Se origina un volcán sobre el punto caliente y se alza hasta formar una isla

Isla volcánica que se formó originariamente sobre el punto caliente

La corteza oceánica se funde

El magma asciende y forma un volcán

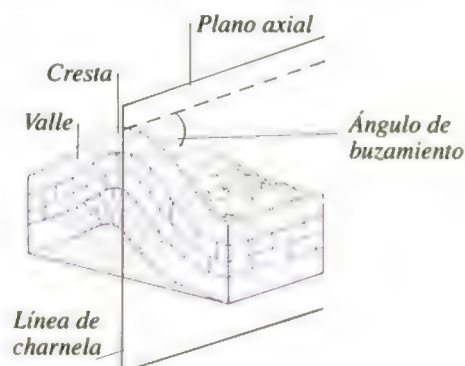
PRINCIPALES PLACAS DE LA CORTEZA TERRESTRE



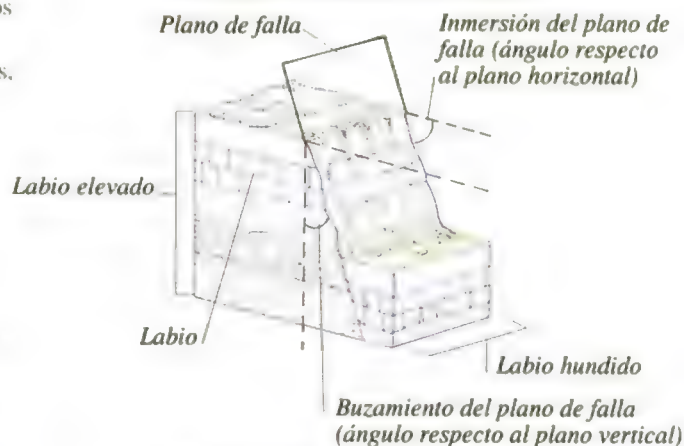
Pliegues y fallas

EL CONTINUO MOVIMIENTO DE LAS PLACAS TECTÓNICAS DE LA CORTEZA terrestre puede comprimir, estirar o romper los estratos deformándolos y produciendo fallas y pliegues. Una falla es una fractura de la roca provocada por el desplazamiento de una de sus partes por sobre la otra. Este movimiento puede ser horizontal, vertical u oblicuo (vertical y horizontal). Las fallas se originan cuando las rocas están sometidas a tensión o compresión. Las fallas pueden producirse en rocas duras y rígidas, que son más fáciles de romper que de modificar. Las fallas más pequeñas son microscópicas y se producen en los cristales de los minerales; las mayores (como El Gran Rift Valley de África) miden más de 9 mil kilómetros. El movimiento a lo largo de las fallas es causa común de terremotos. Un pliegue es una modificación originada por compresión en los estratos de una roca. Los pliegues se producen en rocas más bien elásticas, que tienden a deformarse antes que a romperse. Los dos más importantes tipos de pliegues son los anticlinales (convexos) y los sinclinales (cóncavos). Los pliegues varían en tamaño, desde los que miden unos milímetros hasta las grandes montañas que miden kilómetros. Además de las fallas y los pliegues, otros elementos asociados a las deformaciones de la roca son vesículas, almohadillas y fracturas escalonadas.

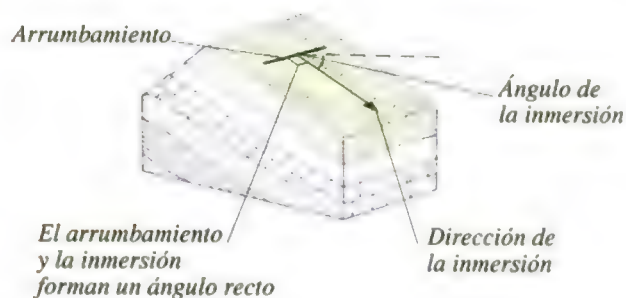
ESTRUCTURA DE UN PLIEGUE



ESTRUCTURA DE UNA FALLA



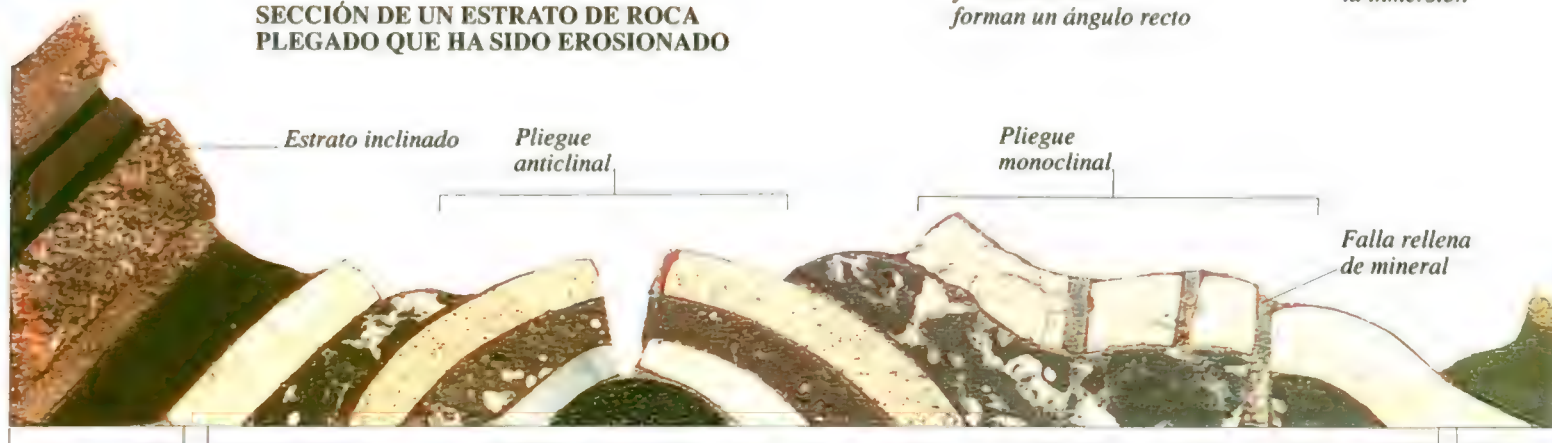
ESTRUCTURA DE UNA PENDIENTE



ROCA PLEGADA



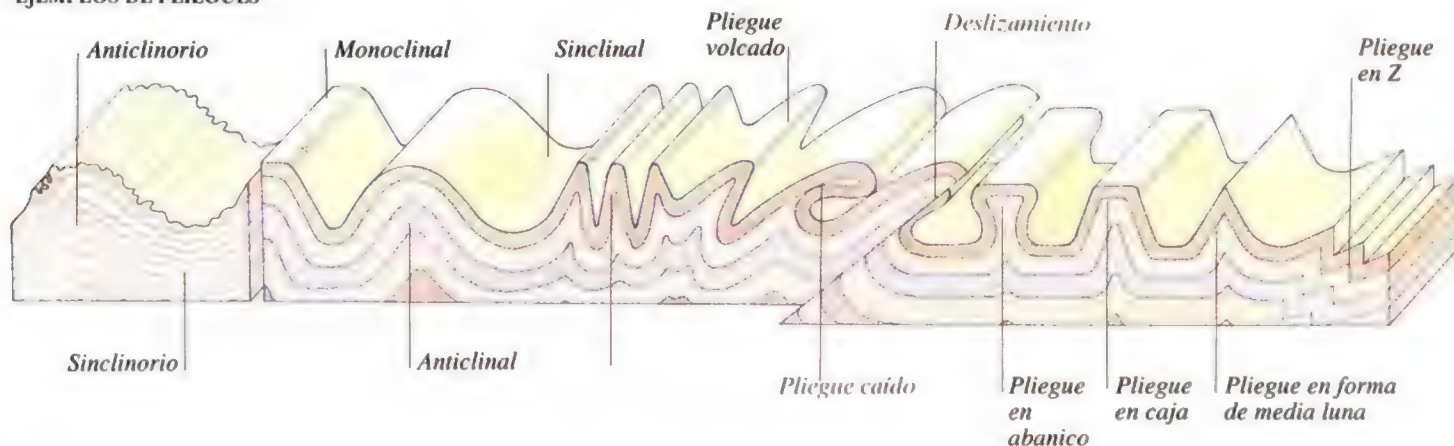
SECCIÓN DE UN ESTRATO DE ROCA PLEGADO QUE HA SIDO EROSIONADO



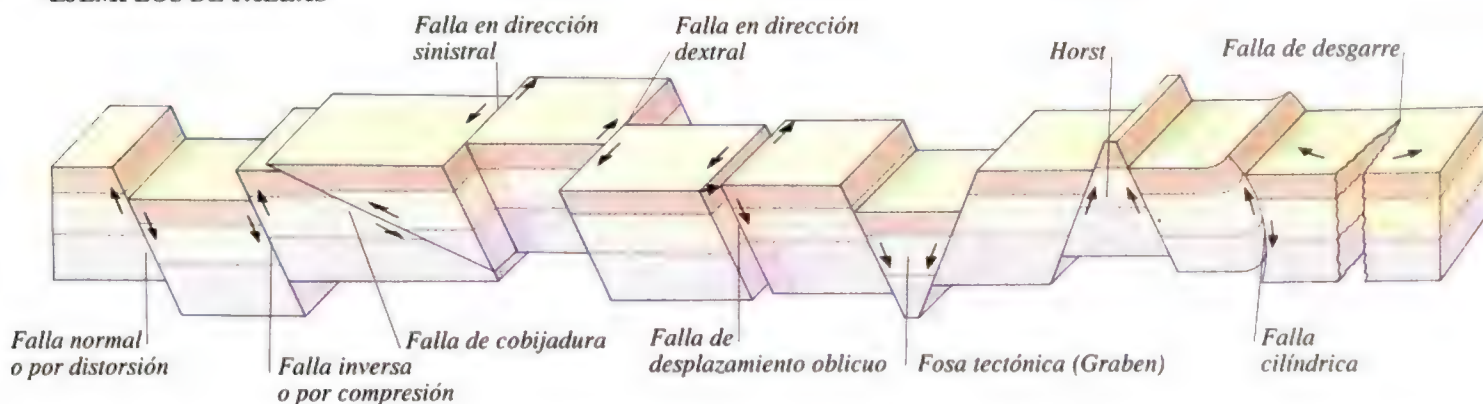
Arenisca carbonífera de la transición Wesfaliense-Dinantinense

Caliza carbonífera inferior

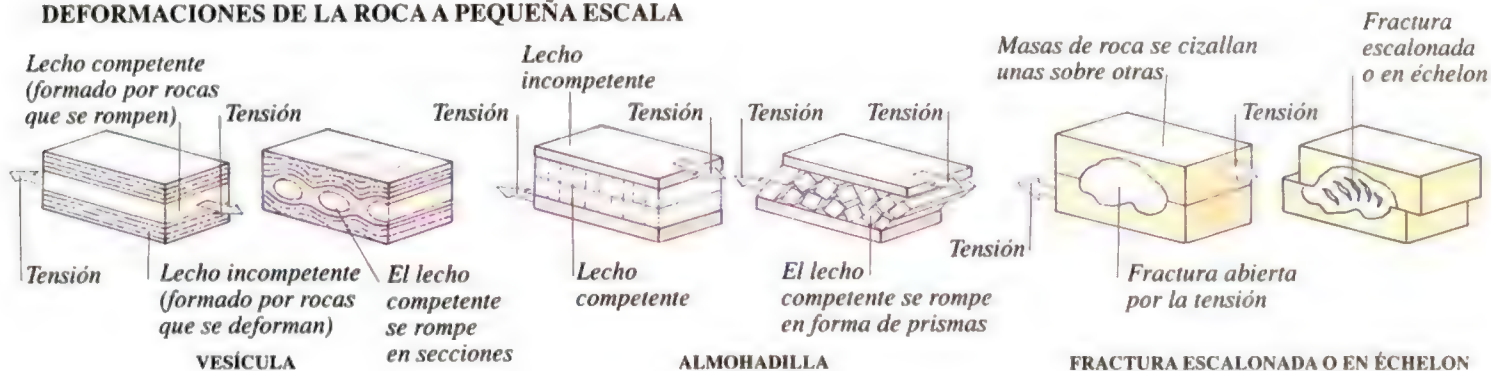
EJEMPLOS DE PLIEGUES



EJEMPLOS DE FALLAS



DEFORMACIONES DE LA ROCA A PEQUEÑA ESCALA



Arenisca carbonífera de la transición
Wesfaliense-Dinantinense

Carbones del carbonífero superior

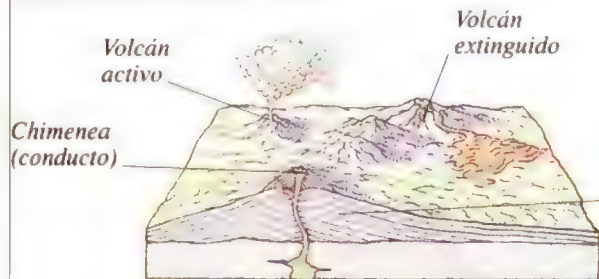
Formación de una montaña (orogénesis)

EL PROCESO RELACIONADO CON LA FORMACIÓN DE LAS MONTAÑAS - conocido como orogénesis- se produce como resultado del movimiento de las placas de la corteza terrestre. Existen tres tipos principales de montañas: las volcánicas, las de plegamiento y las tubulares o bloqueadas. La mayoría de las montañas de tipo volcánico se forma en los bordes de las placas, justo en los puntos donde éstas se acercan y se separan y la lava y otros sedimentos rocosos afloran a la superficie terrestre. La lava y los

desperdicios rocosos pueden acumularse y formar una cúpula alrededor de un cráter volcánico. Las montañas de pliegue se forman en los lugares donde las placas se empujan y originan una curvatura ascendente en las rocas. En el sitio donde la corteza oceánica se encuentra con una continental menos densa, se produce un hundimiento forzado de la primera bajo la segunda. La corteza continental se pliega por la fuerza del impacto y se forman las cordilleras plegadas como los Montes Apalaches en Norteamérica. Las montañas de plegamiento

pueden formarse también en el sitio donde se encuentran dos superficies de corteza continental. El Himalaya, por ejemplo, comenzó a formarse cuando la India colisionó con Asia, plegando los sedimentos y parte de la corteza oceánica situada entre ambas. Las montañas tubulares se originan cuando un bloque de tierra aflora entre dos fallas como resultado de una compresión o tensión de la corteza terrestre. Generalmente el movimiento a lo largo de las fallas se produce gradualmente en miles de años. Sin embargo, dos placas pueden deslizarse repentinamente una sobre otra a lo largo de una línea de falla (como sucede, por ejemplo, en la Falla de San Andrés) provocando terremotos.

EJEMPLOS DE MONTAÑAS



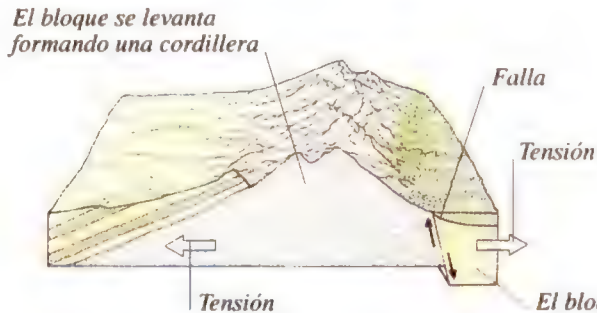
MONTAÑA DE TIPO VOLCÁNICO

Estratos de roca plegados por la compresión forman un sinclinal

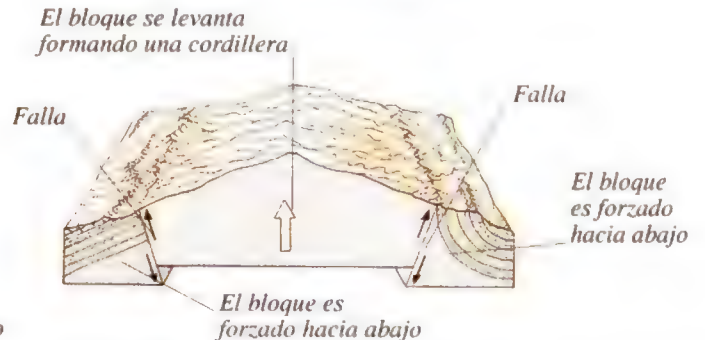
Estratos de lava y ceniza se concentran y forman la montaña volcánica



MONTAÑA DE PLEGAMIENTO

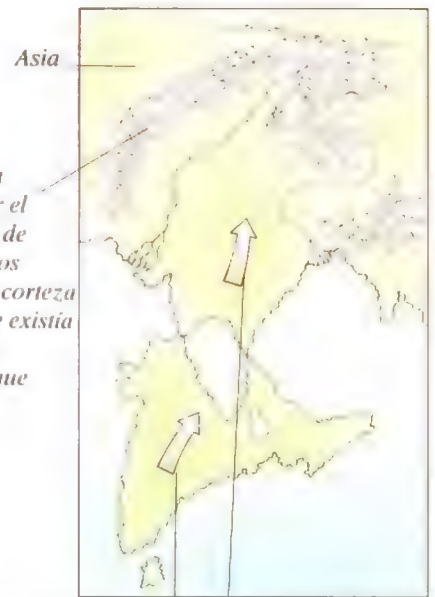


MONTAÑA BLOQUE-FALLA



LEVANTAMIENTO DE UNA MONTAÑA BLOQUE-FALLA

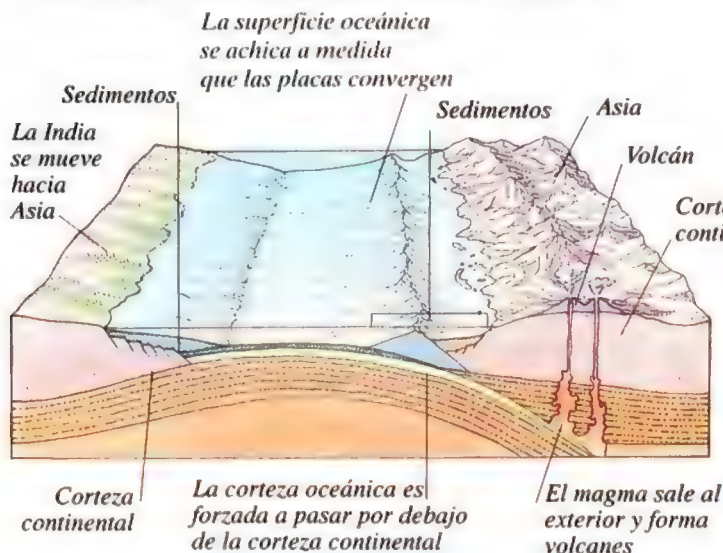
FORMACIÓN DEL HIMALAYA



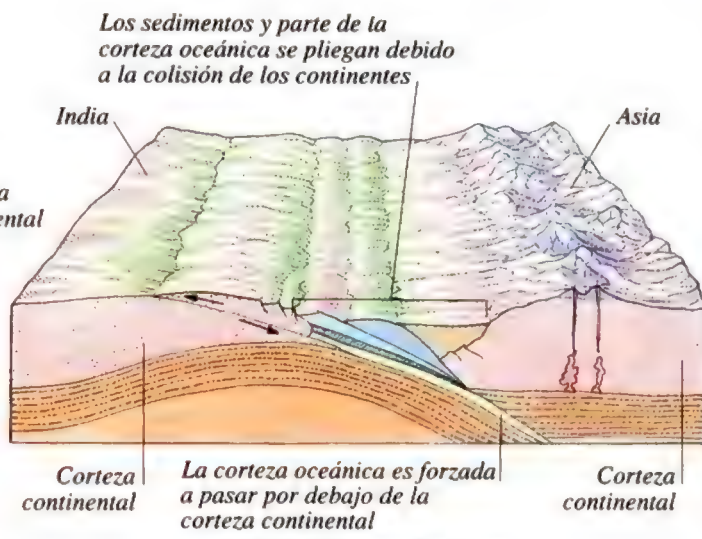
La India se movió hacia el norte

La India colisionó con Asia hace unos 40 millones de años

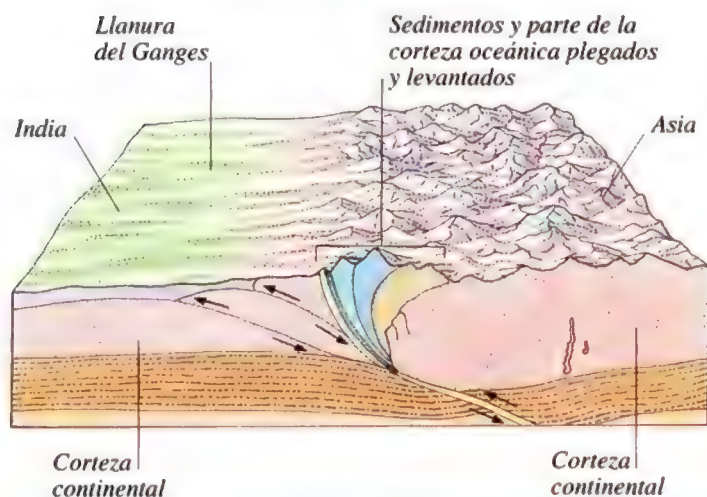
ETAPAS EN LA FORMACIÓN DEL HIMALAYA



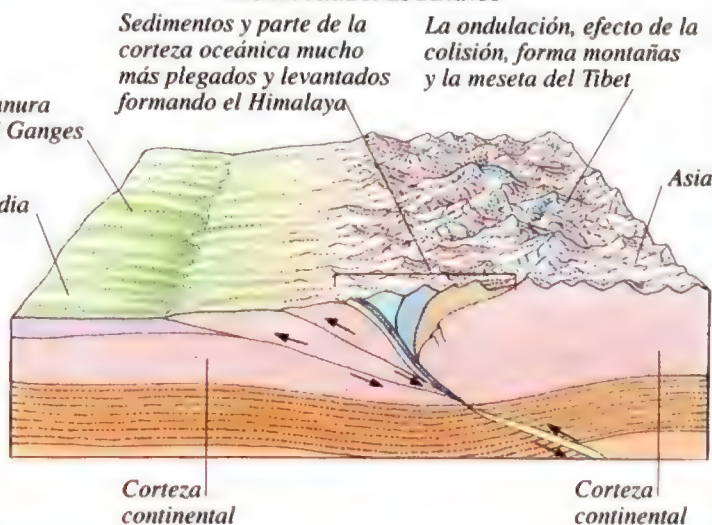
HACE 60 MILLONES DE AÑOS



HACE 40 MILLONES DE AÑOS

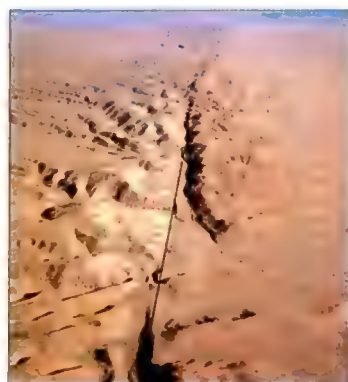


HACE 20 MILLONES DE AÑOS



HOY

FALLA DE SAN ANDRÉS

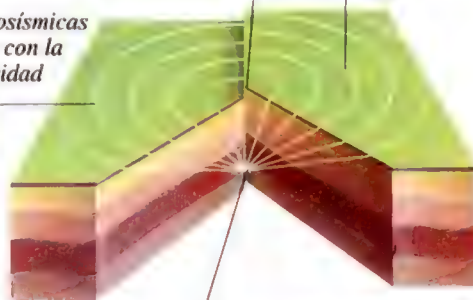


Línea de falla a lo largo de la cual dos placas pueden deslizarse una por encima de otra provocando un terremoto

TERREMOTOS

Epicentro (punto de la superficie de la Tierra situado justo encima del foco)

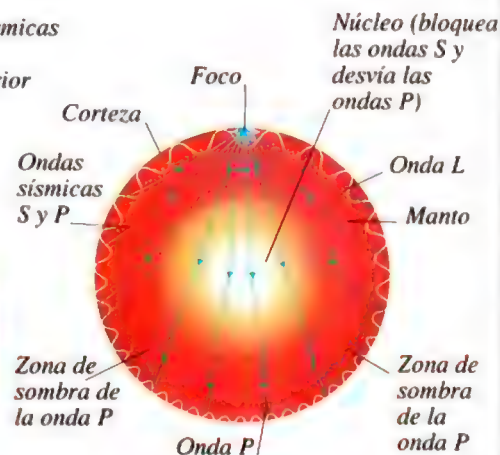
Las líneas isosísmicas unen lugares con la misma intensidad de sacudida



Foco (punto donde se origina el terremoto)

ANATOMÍA DE UN TERREMOTO

Las ondas sísmicas van del foco hacia el exterior



CAMINO QUE SIGUEN LAS ONDAS SÍSMICAS A TRAVÉS DE LA TIERRA

Los volcanes

LOS VOLCANES SON ABERTURAS O GRIETAS de la corteza terrestre, a través de las cuales el magma (roca fundida originaria del interior del globo) es empujado a la superficie como lava. Comúnmente los volcanes suelen estar ubicados en los límites de las placas geológicas, pero la mayoría está situada en un cinturón llamado el "anillo de fuego" que se extiende alrededor del Océano Pacífico.

Los volcanes pueden ser clasificados de acuerdo a la violencia y frecuencia de sus erupciones.

Las erupciones volcánicas no explosivas se producen cuando las placas geológicas se apartan. Estas erupciones producen lava basáltica que se desparrama rápidamente sobre una amplia superficie formando conos relativamente planos. Las erupciones más violentas se originan en el lugar donde chocan las placas. Tales erupciones producen espesa lava riolítica y pueden también expulsar nubes de polvo y piroclastos (fragmentos de lava). Como esta lava no fluye muy lejos antes de enfriarse, origina así volcanes cónicos de laderas escarpadas. Algunos volcanes producen lava y cenizas originando conos compuestos. Los volcanes que erupcionan con frecuencia se denominan activos; los que lo hacen raramente se llaman inactivos y aquellos que ya no hacen erupción reciben el nombre de extintos o apagados. Así como los volcanes, son característicos de la zona volcánica, los géiseres, manantiales de aguas calientes, solfataras, fumarolas, y charcos de barro burbujeante.



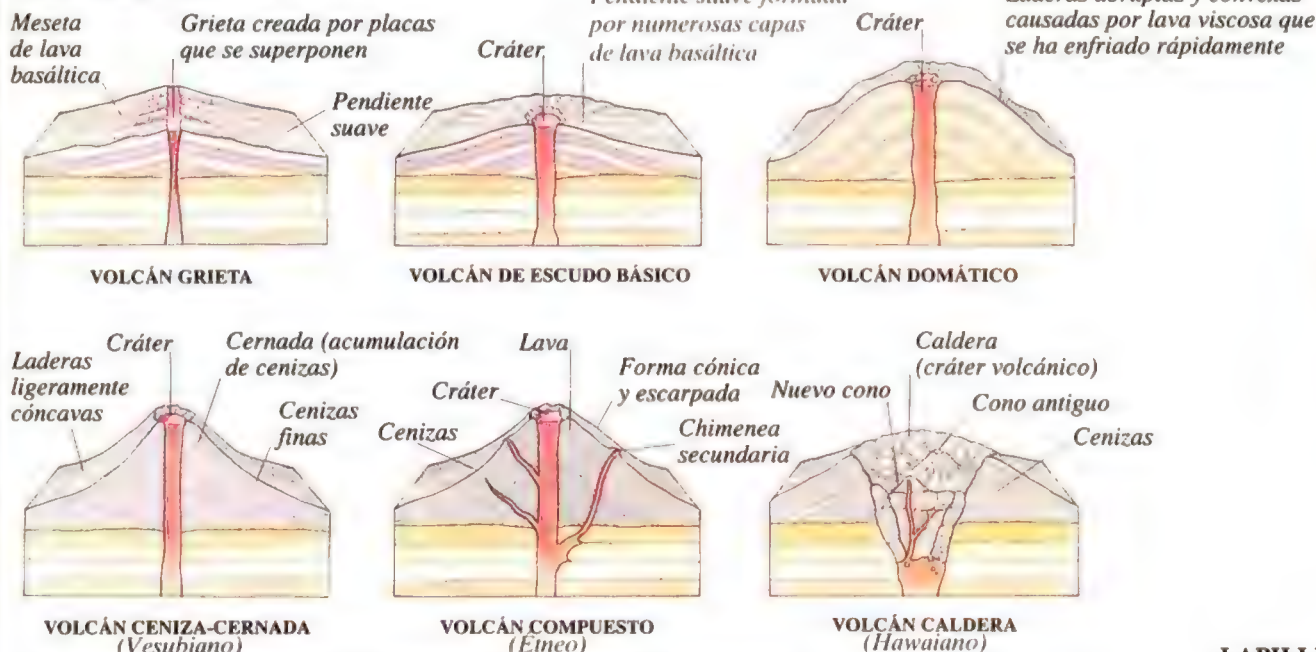
GEISER HORU
(NUEVA ZELANDA)

Superficie
plegada y cordada



PAHOEHOE
(LAVA CORDADA)

TIPOS DE VOLCANES



CÓMO LOS TAPONES VOLCÁNICOS QUEDAN AL DESCUBIERTO



LAPILLI
(FRAGMENTOS DE LAVA)



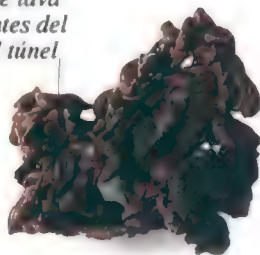
CLASES DE LAVA

Escoria (pedazos angulares y puntiagudos)



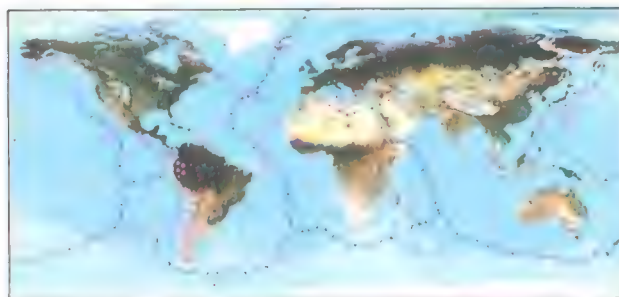
AA (LAVA BLOQUE)

Goteos de lava procedentes del techo del túnel



LAVA REFUNDIDA

LOCALIZACIÓN DE LOS VOLCANES



▲ Volcán

⋈ Bordes de la placa

ESTRUCTURA DE UN VOLCÁN

Cono volcánico de pendiente escarpada formado por numerosos estratos

Lacolito

Chimenea secundaria

Cráter

Tapón (lava solidificada)

Chimenea principal

Cenizas volcánicas

Cono cernada

Manantial mineral

Depósito de magma

Corriente de lava colada

Agua subterránea

MANIFESTACIONES VOLCÁNICAS

Azufre gasificado

Chorro de agua caliente y vapor

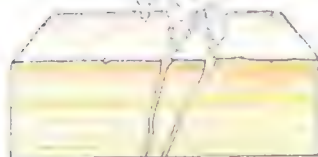
Las rocas calientes elevan la temperatura del agua

La presión del vapor aumenta

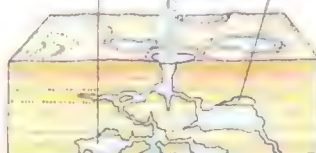
Agua caliente

El barro y los sedimentos de la superficie se mezclan con el agua caliente

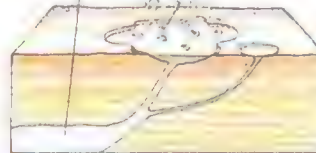
Agua sobrecalentada
Vapor



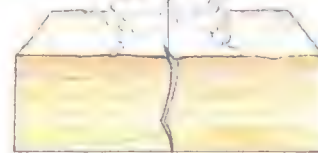
SOLFATARAS



GÉISER



CHARCO DE BARRO



FUMAROLA

El ciclo de la roca



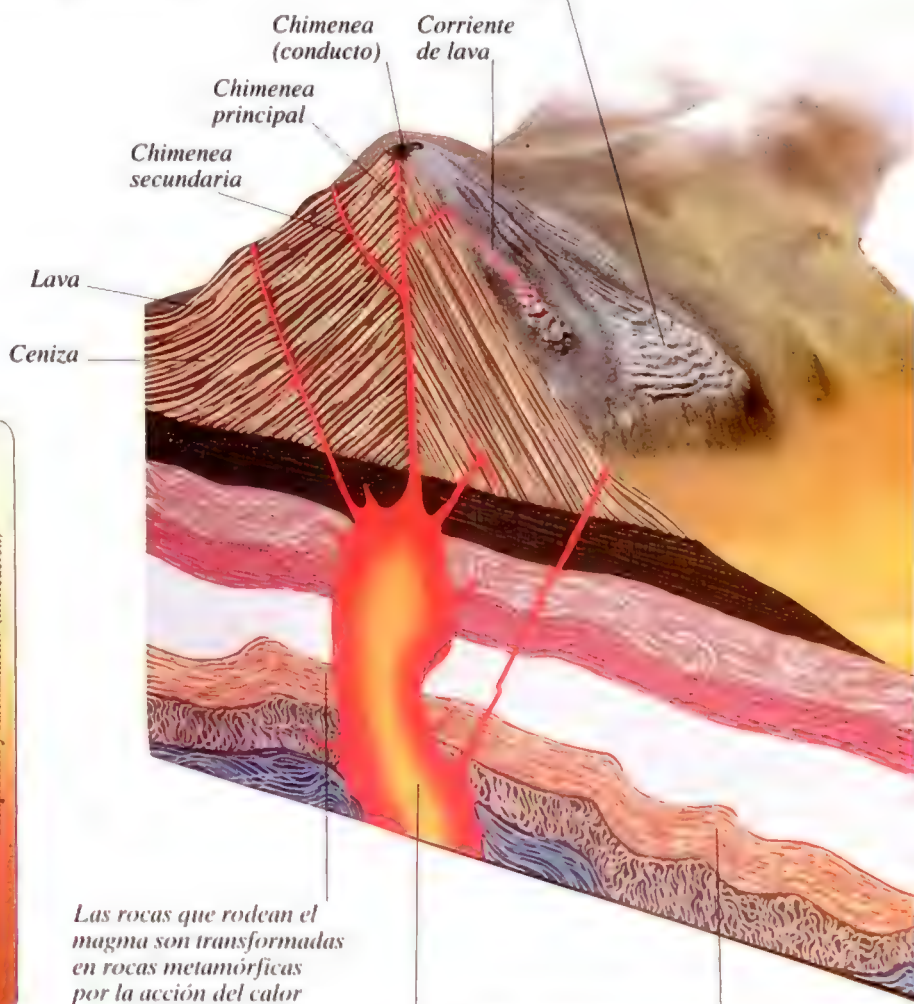
COLUMNAS HEXAGONALES DE BASALTO, ISLANDIA

EL CICLO DE LA ROCA ES EL PROCESO por medio del cual las rocas antiguas se renuevan continuamente. Las rocas pueden dividirse en tres grupos principales: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Las rocas ígneas se forman cuando el magma (la roca fundida) procedente del centro de la Tierra se enfría y solidifica. Las rocas sedimentarias se forman cuando los sedimentos (las partículas rocosas, por ejemplo) se comprimen y funden entre sí en un proceso denominado litificación. Las rocas metamórficas se forman cuando las ígneas, sedimentarias u otras rocas metamórficas cambian por medio del calor o la presión. Las rocas aparecen sobre la superficie terrestre a causa del movimiento de la corteza y la actividad volcánica. Expuestas al desgaste de los agentes atmosféricos, las rocas se dividen en partículas. Estas partículas rocosas son transportadas por los glaciares, los ríos y el viento, siendo depositadas más tarde en lagos, deltas, desiertos o en el fondo del mar como sedimento. Algunos de estos sedimentos son litificados formando rocas sedimentarias. Estas rocas pueden ser expulsadas a la superficie terrestre por movimientos de la corteza o bien empujadas al interior de la tierra, donde el calor y la presión las transformarán en rocas metamórficas. Por otra

parte, las rocas metamórficas pueden ser empujadas a la superficie o bien fundirse con el magma. Eventualmente el magma se enfría y solidifica bajo la superficie, formando rocas ígneas. Cuando las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas nuevamente quedan expuestas sobre la superficie de la Tierra, el ciclo vuelve a comenzar.

ETAPAS EN EL CICLO DE LA ROCA

El magma es expulsado en forma de lava que se solidifica y forma rocas ígneas

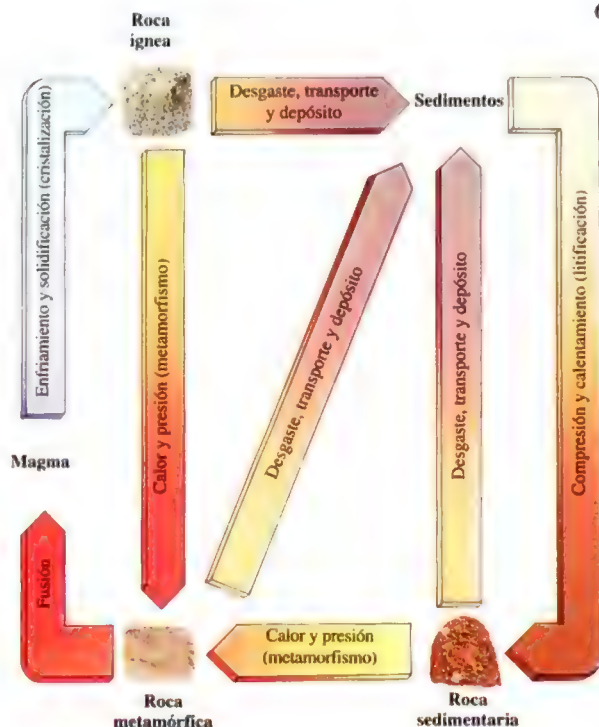


Las rocas que rodean el magma son transformadas en rocas metamórficas por la acción del calor

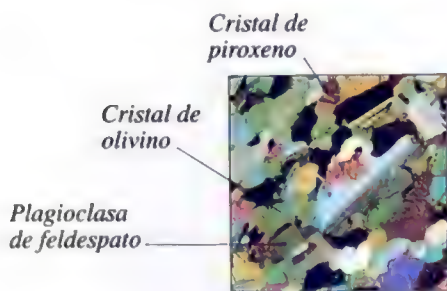
Las rocas sedimentarias se aplastan y deforman para formar rocas metamórficas

El intenso calor desprendido por el magma ascendente funde algunas de las rocas circundantes

EL CICLO DE LA ROCA



ROCAS ÍGNEAS



FOTOMICROGRAFÍA DEL GABRO



TROZO DE GABRO

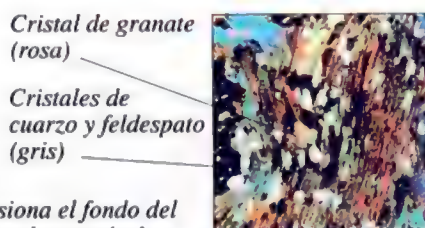
ROCAS SEDIMENTARIAS



FOTOMICROGRAFÍA DE CALIZA ORGANÍGENA

TROZO DE CALIZA ORGANÍGENA

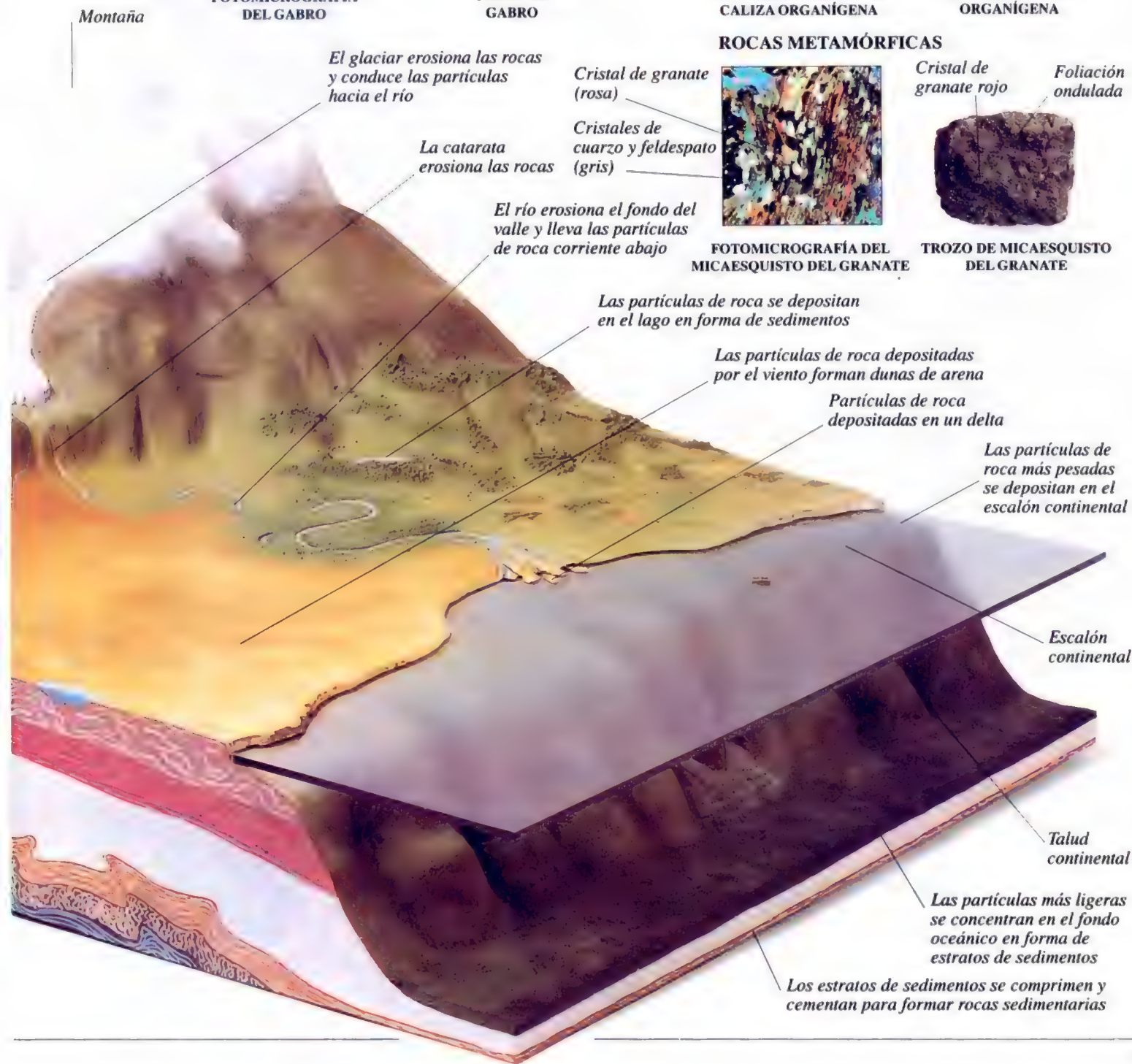
ROCAS METAMÓRFICAS



FOTOMICROGRAFÍA DEL MICAESQUISTO DEL GRANATE



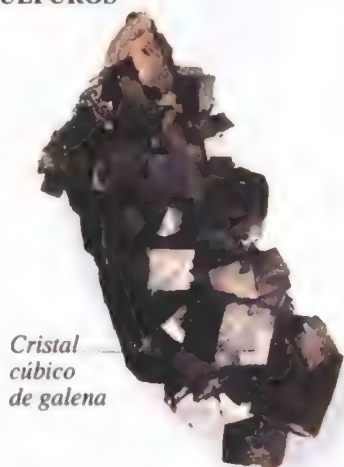
TROZO DE MICAESQUISTO DEL GRANATE



Minerales

UN MINERAL ES UNA SUSTANCIA que se origina de manera natural, que posee una composición química característica y propiedades físicas específicas, tales como el hábito y la veta. En comparación, una roca es una suma de minerales sin una composición química específica. Los minerales están compuestos de elementos (sustancias que no se pueden dividir químicamente en otras más simples), cada uno de los cuales se puede representar por un símbolo químico. Los minerales pueden dividirse en dos grandes grupos: elementos puros o naturales y compuestos. Los elementos naturales o puros, tal como su nombre lo indica, están formados por un solo elemento puro, como ocurre, por ejemplo, con el oro (símbolo químico Au), la plata (Ag), el cobre (Cu) y el carbono (C). Como elemento simple, el carbono se encuentra en dos formas: diamante y grafito. Los compuestos son combinaciones de dos o más elementos. Por ejemplo, los sulfuros son compuestos de azufre (S) y uno o más elementos, como el plomo (Pb), en el mineral llamado galena, o el antimonio (Sb), en el mineral llamado stibnita.

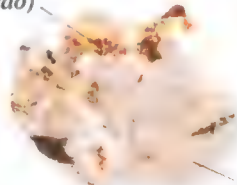
SULFUROS



Cristal cúbico de galena

GALENA
(PbS)

Oro dendrítico (ramificado)



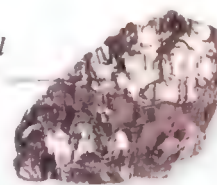
ORO
(Au)

Pasta de kimberlita (matriz)



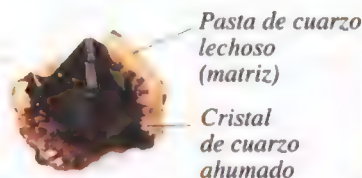
DIAMANTE
(C)

Cristal hexagonal de grafito



GRAFITO
(C)

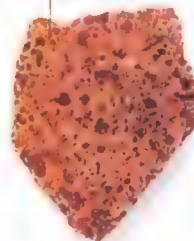
ÓXIDOS/HIDRÓXIDOS



CUARZO AHUMADO
(SiO₂)

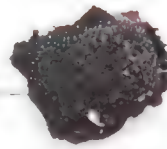
Pasta de cuarzo lechoso (matriz)
Cristal de cuarzo ahumado

Granos redondos de bauxita en la pasta (matriz)



BAUXITA
(FeO(OH) y Al₂O₃·2H₂O)

Masa de cristales de especularita



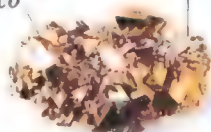
ESPECULARITA
(Fe₂O₃)



STIBNITA
(Sb₂S₃)

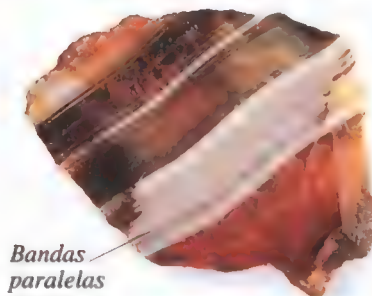
Pasta de cuarzo (matriz)

Cristal de pirita perfectamente octaédrico



PIRITAS
(FeS₂)

Cristal de cuarzo

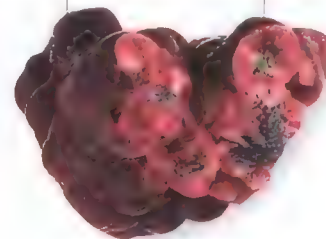


Bandas paralelas de ónice

ÓNICE
(SiO₂)

Siderita arriñonada

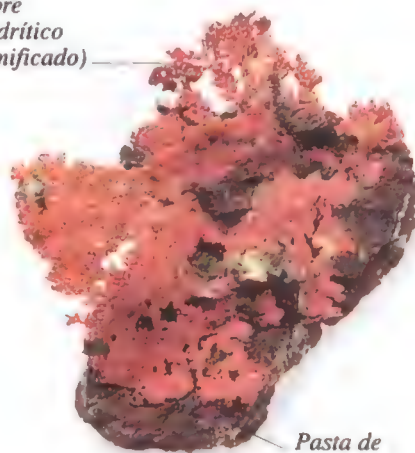
Cristales especulares de hematite



SIDERITA ARRIÑONADA
(Fe₂O₃)

ELEMENTOS NATURALES

Cobre dendrítico (ramificado)



COBRE
(Cu)

Pasta de limonita (matriz)

FOSFATOS



Pasta de limonita (matriz)

Cristales radiados de wavelita

WAVELITA
($\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH},\text{F})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

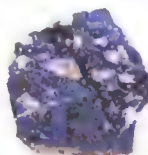
Cristales prismáticos de piromorfita

PIROMORFITA
($\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$)

Pasta de roca (matriz)

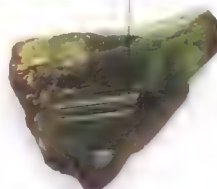


SILICATOS



SODALITA
($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$)

Superficie estriada del cristal de olivino



OLIVINO
($\text{Fe}_2\text{SiO}_4 - \text{Mg}_2\text{SiO}_4$)

Pasta de feldespato (matriz)

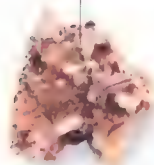


Cristal transparente de turmalina bicolor

TURMALINA
($\text{Na}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Li},\text{Mn},\text{Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH},\text{F})_4$)

CARBONATOS

Cristal estriado de cerusita



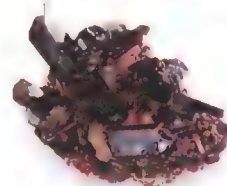
CERUSITA
(PbCO_3)

Cristal de calcita en «diente de perro»



CALCITA
(CaCO_3)

Cristal de epidota estriado y prismático



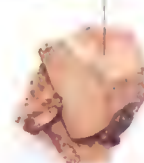
EPIDOTA
($\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$)

Cristal tabular de moscovita



MOSCOVITA
($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$)

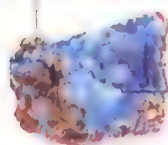
Cristal de ortoclasa



ORTOCLASA
(KAlSi_3O_8)

SULFATOS

Pasta de roca (matriz)



Cristales radiados de cianotriquitto

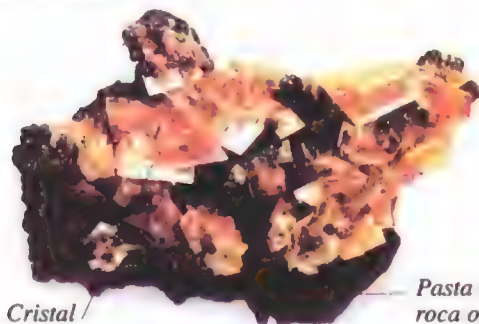
CIANOTRIQUITTO
($\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Cristal radiado de yeso margarita



YESO MARGARITA
($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

MOLYBDATOS



Cristal tabular de wulfenita

WULFENITA
(PbMoO_4)

Pasta de roca oscura (matriz)

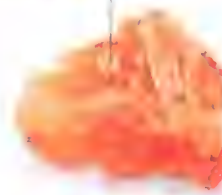
HALITA



Cristal cúbico de fluorita

FLUORITA VERDE
(CaF_2)

Cristal cúbico de sal de roca

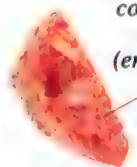


HALITA NARANJA (SAL DE ROCA)
(NaCl)

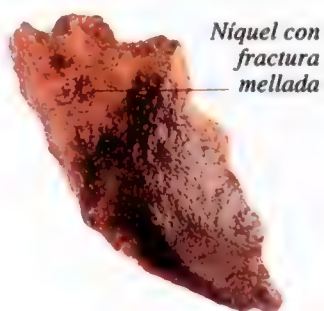
Características de los minerales

LOS MINERALES SE PUEDEN IDENTIFICAR ESTUDIANDO características tales como la fractura o disyunción (separación), exfoliación o clivage (división y corrección de sus formas), red cristalina, hábito, dureza, color y veta. Los minerales pueden romperse de diferentes maneras. Si un mineral se parte de forma irregular, dejando una superficie áspera, posee grietas o fracturas. Si se parte en capas lisas y definidas posee textura laminada posible de exfoliarse. Los minerales específicos tienen distintos patrones de clivage; por ejemplo la mica se exfolia a lo largo de un solo plano. La mayoría de los minerales forman cristales que pueden ser clasificados en sistemas transparentes de acuerdo a su simetría y número de caras. Dentro de cada sistema es posible encontrar cristales de formas diferentes, pero relacionadas; por ejemplo, un cristal cúbico puede tener seis, ocho o doce caras. El hábito de un mineral es la forma típica tomada por la totalidad de sus cristales. Ejemplos de hábito son el arracimado (como racimo de uvas) y el masivo (sin forma definida). La dureza relativa de un mineral es estimada de acuerdo a su resistencia a rayarse. Esta propiedad es generalmente medida usando la escala de Mohs que clasifica el grado de dureza desde el 1 (para el talco) hasta el 10 (para el diamante). El color de los minerales no es una guía segura para identificarlos, puesto que algunos poseen una escala de colores. La veta o raya (el color del polvo fino que deja un mineral cuando se frota con él sobre una baldosa porosa) es un indicador más confiable.

FRACTURA Ópalo de fuego con fractura concoidal (en forma de concha)



FRACTURA CONCOIDAL



FRACTURA MELLADA



FRACTURA DESIGUAL



FRACTURA ARCILLOSA

CLIVAGE O EXFOLIACIÓN

Exfoliación en una dirección



EXFOLIACIÓN SEGÚN UN ÚNICO PLANO

Exfoliación horizontal



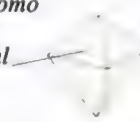
EXFOLIACIÓN SEGÚN DOS PLANOS

Exfoliación en tres direcciones dando como resultado un bloque cúbico



EXFOLIACIÓN SEGÚN TRES PLANOS

Exfoliación en cuatro direcciones dando como resultado un cristal en forma bipiramidal



EXFOLIACIÓN SEGÚN CUATRO PLANOS

SISTEMA O RED CRISTALINA

Cristal cúbico de pirita de hierro



SISTEMA CÚBICO

Cristal tetragonal de vesubiana



SISTEMA TETRAGONAL

Representación del sistema tetragonal



Representación del sistema cúbico

Cristal hexagonal de berilo



SISTEMA HEXAGONAL/TRIGONAL

Representación del sistema hexagonal/trigonal



Cristal ortorrómbico de baritina



SISTEMA ORTORRÓMBICO

Representación del sistema ortorrómbico



Cristal monoclinico de selenita

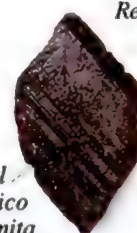


SISTEMA MONOCLÍNICO

Representación del sistema monoclinico



Representación del sistema triclínico

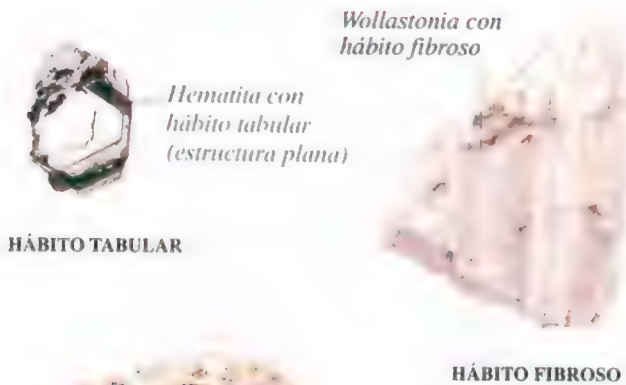


SISTEMA TRICLÍNICO

Cristal triclínico de axinita



HÁBITO



RAYA

COLOR DEL MINERAL

COLOR DE LA RAYA

<i>Oropimente amarillo</i>			<i>Amarillo dorado</i>
<i>Hematita parda</i>			<i>Rojo pardo</i>
<i>Crocoita marrón rojiza</i>			<i>Amarillo</i>
<i>Calcopirita dorado</i>			<i>Negro</i>
<i>Cinabrio negro rojizo</i>			<i>Rojo</i>
<i>Plata molibdenita</i>			<i>Gris</i>

COLOR



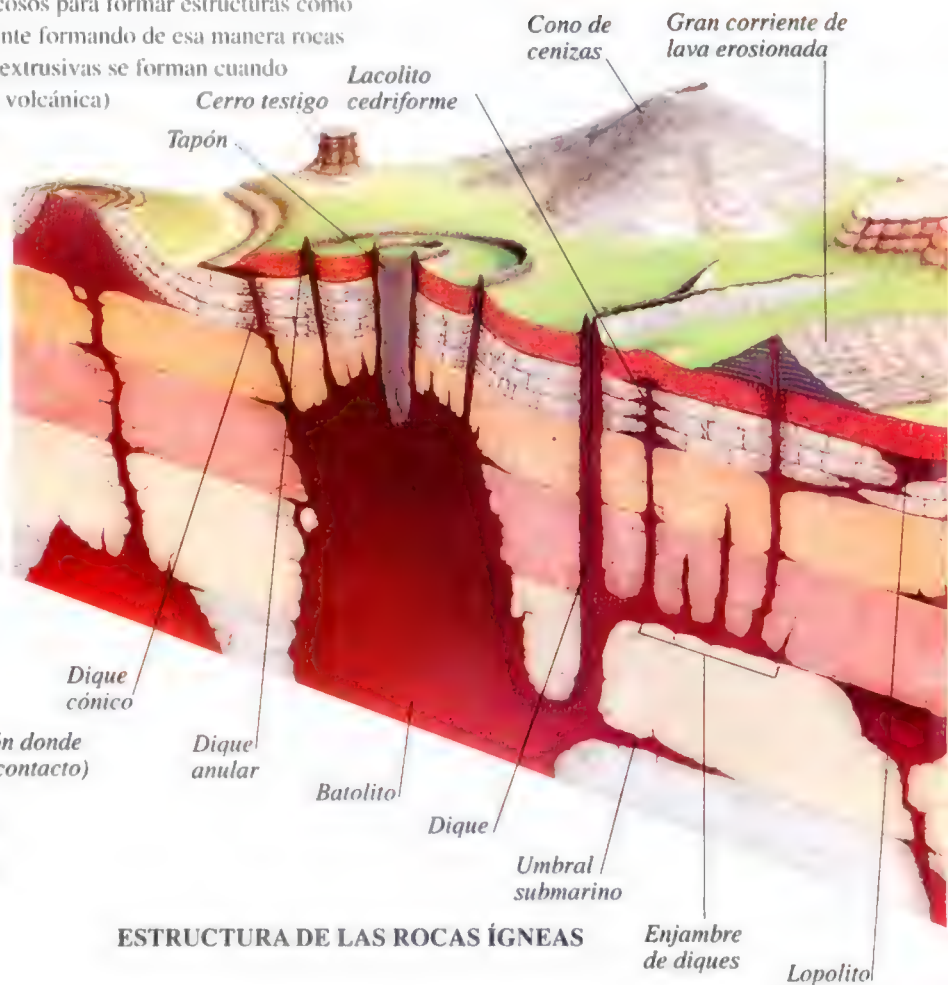
ESCALA DE DUREZA DE MOHS



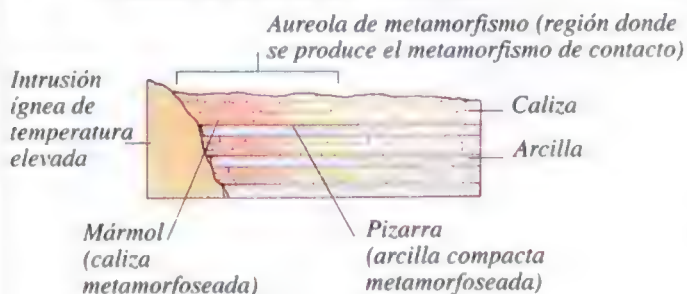
Rocas ígneas y metamórficas

LAS ROCAS DE TIPO ÍGNEO SE FORMAN CUANDO EL MAGMA (roca fundida procedente del fondo de la capa inferior de la corteza terrestre) se enfría y solidifica (cristaliza). Existen dos tipos principales de rocas ígneas: las intrusivas y las extrusivas. Las intrusivas se forman en profundidad donde el magma es forzado dentro de grietas o entre estratos rocosos para formar estructuras como umbrales, diques y batolitos. El magma se enfría lentamente formando de esa manera rocas de grano grueso como el gabro y la pegmatita. Las rocas extrusivas se forman cuando la lava (el magma expulsado al exterior por una erupción volcánica) cristaliza sobre la superficie de la Tierra. La lava fundida se enfría rápidamente, produciendo rocas de grano fino como la riolita y el basalto. Las rocas metamórficas son aquellas que han sido alteradas por el intenso calor (metamorfismo de contacto) o por presión extrema (metamorfismo regional). El metamorfismo de contacto ocurre cuando las rocas son alteradas por el calor, proveniente, por ejemplo, de una intrusión ígnea o de un flujo de lava. El metamorfismo regional se produce cuando las rocas son sometidas a gran presión al quedar encerrada dentro de una cordillera en formación. Las rocas metamórficas pueden formarse a partir de rocas ígneas, sedimentarias o incluso de otras rocas metamórficas.

COLUMNAS DE BASALTO

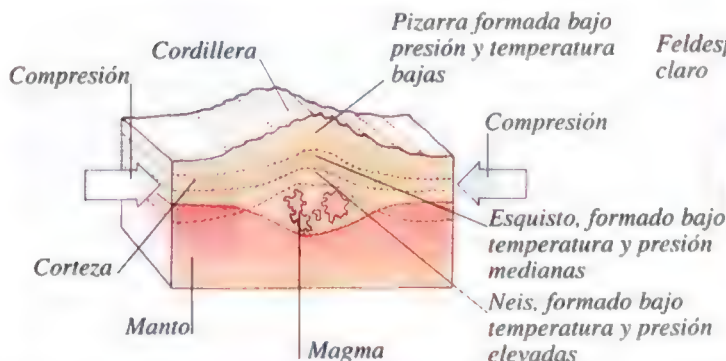


METAMORFISMO DE CONTACTO



ESTRUCTURA DE LAS ROCAS ÍGNEAS

METAMORFISMO REGIONAL



EJEMPLOS DE ROCAS METAMÓRFICAS.



EJEMPLOS DE ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS



RIOLITA



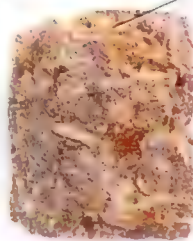
BASALTO

Cristales de grano fino



PÓMEZ

Vesículas alargadas (cavidades de gas)



ANDESITA PORFÍDICA

Pasta de grano fino (matriz)

Brillo vítreo



OBSIDIANA

Fractura concoidal (en forma de concha)

Mesa (meseta de cima plana)

Geiser extinguido

Lago

Caldera

Mar

Corriente de lava

Chimenea (conducto)

Volcán joven activo

Volcán parásito

Conducto principal

Hundimiento provocado por el peso del volcán

Depósito de magma

Tapón erosionado de un volcán extinguido

Batolito

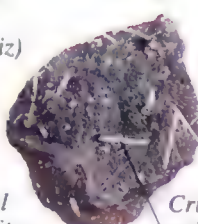
Lacolito

Pasta fina (matriz)



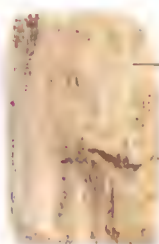
PIZARRA CON PIRITAS

Cristal de pirita



CORNUBIANITAS QUIASTOLÍTICAS

Cristal de quiastolita



MÁRMOL VERDE

Mineral calcosilícico de color verde



HALLEFLINTA

Contenido de cuarzo beta



PEGMATITA

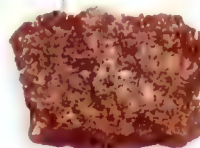
Cristales de anfíbol

Feldespato blanco



KIMBERLITA

Plagioclasa de feldespato



GABRO OLIVÍNICO



SIENITA

Cristal de anfíbol

EJEMPLOS DE ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Pasta oscura (matriz)

Rocas sedimentarias

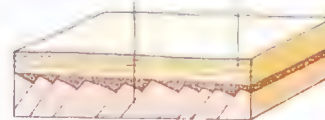
LAS ROCAS SEDIMENTARIAS SE FORMAN POR LA ACUMULACIÓN y consolidación de sedimentos. Hay tres grupos principales de rocas sedimentarias. Rocas detríticas, como la brecha o la arenisca se forman a partir de otras que se han descompuesto en fragmentos debido a la alteración o desgaste causados por agentes atmosféricos, siendo transportadas y depositadas posteriormente en otros lugares. Las rocas sedimentarias de origen orgánico, como el carbón, provienen de los restos de animales y plantas. Las rocas sedimentarias de precipitación química se forman por medio de procesos químicos. La sal de roca, por ejemplo, se forma cuando la sal que se encuentra disuelta en agua se deposita y el agua se evapora. Las rocas sedimentarias se encuentran en capas denominadas lechos o estratos. Cada nuevo estrato se dispone horizontalmente sobre las más antiguas. Suelen producirse algunas fallas en las secuencias, que reciben el nombre de discordancias. Ellas representan períodos en los cuales no se han dispuesto nuevas capas de sedimentos o las existentes se han elevado sobre el nivel del mar, siendo posteriormente erosionadas.



EL GRAN CAÑÓN, EEUU

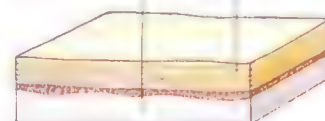
EJEMPLOS DE DISCORDANCIAS

Lechos primitivos basculados y erosionados *Lechos posteriores horizontales*



DISCORDANCIA ANGULAR

Rocas primitivas sin estratificar *Lechos posteriores horizontales*



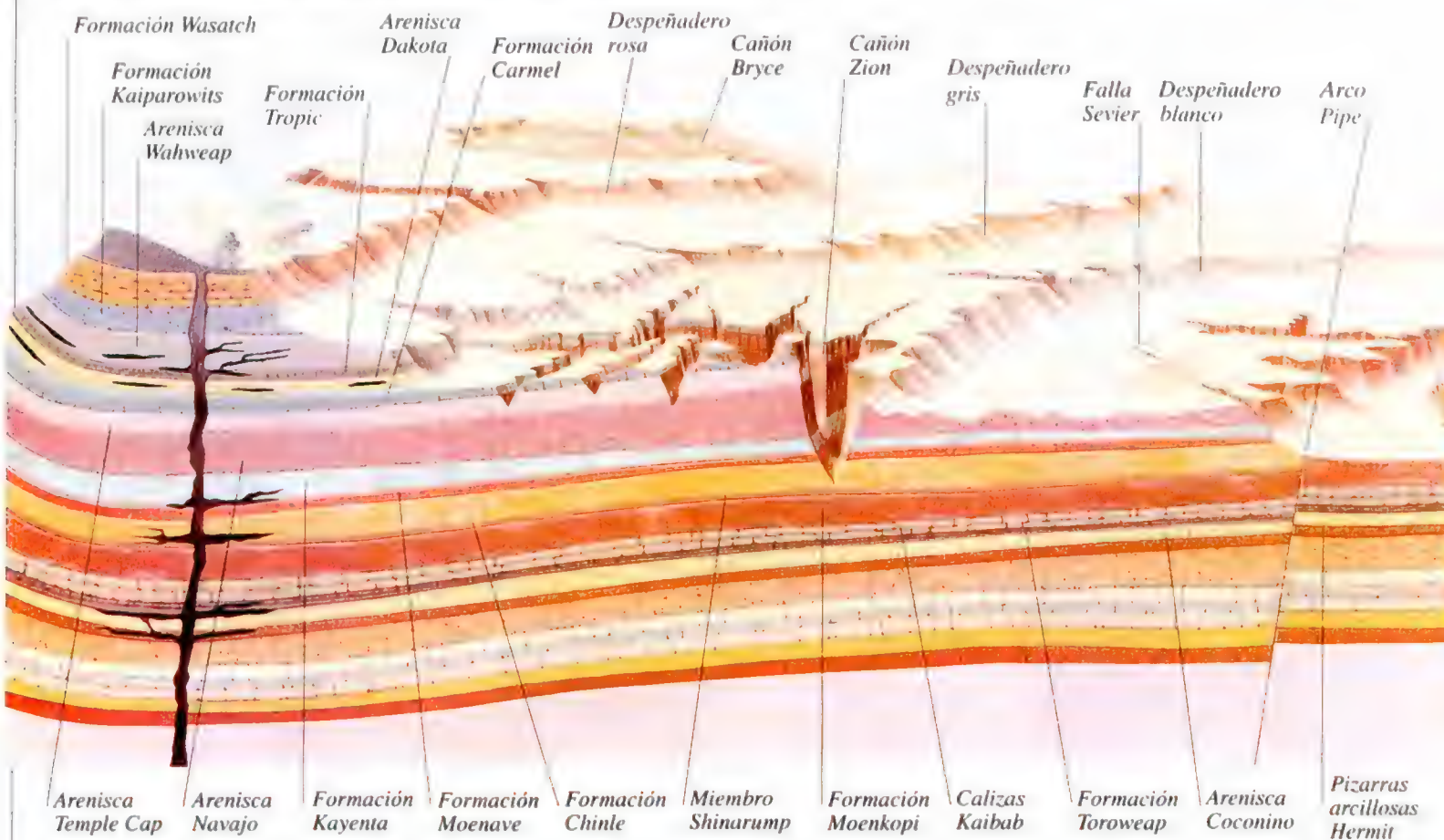
DISCORDANCIA ÍGNEO-SEDIMENTARIA

Lechos primitivos plegados y erosionados *Lechos posteriores horizontales*

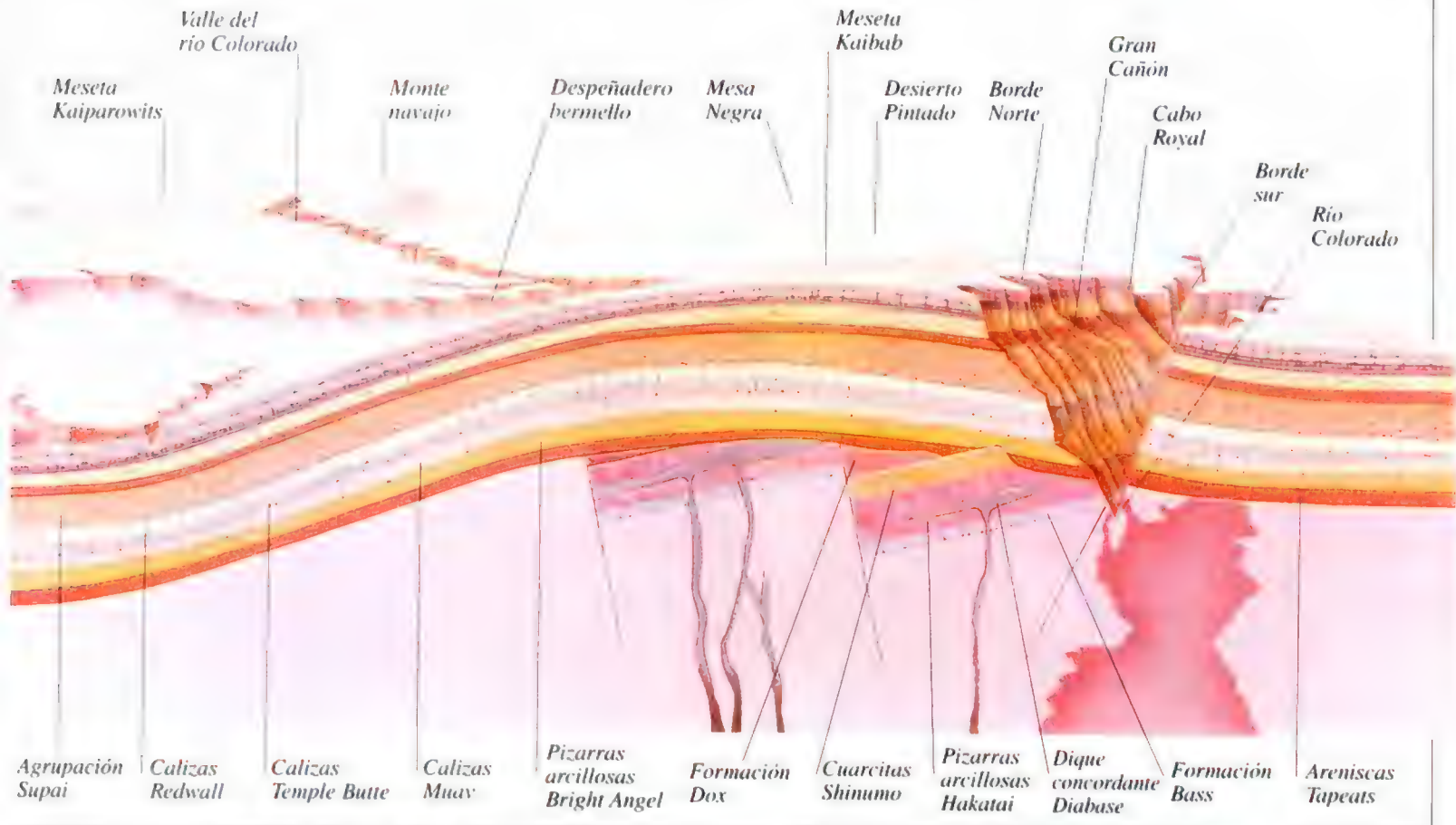


DISCORDANCIA EROSIVA

ESTRATOS SEDIMENTARIOS DE LA REGIÓN DEL GRAN CAÑÓN



EJEMPLOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS

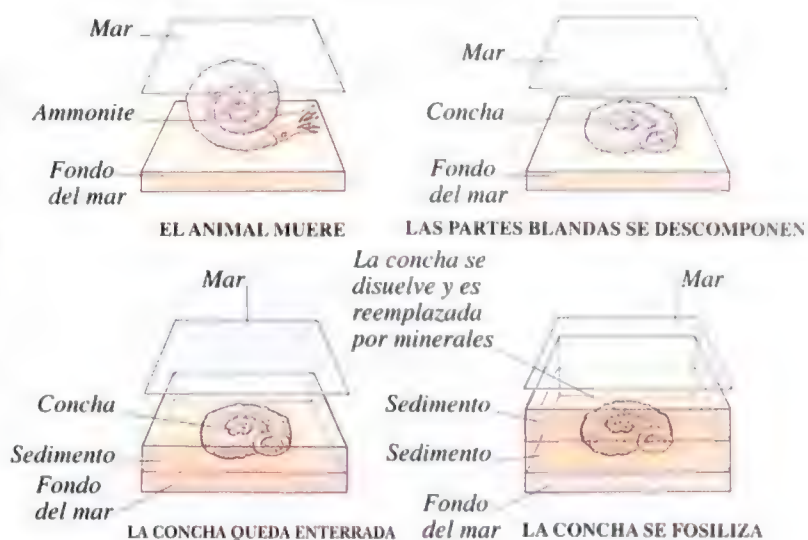


Los fósiles

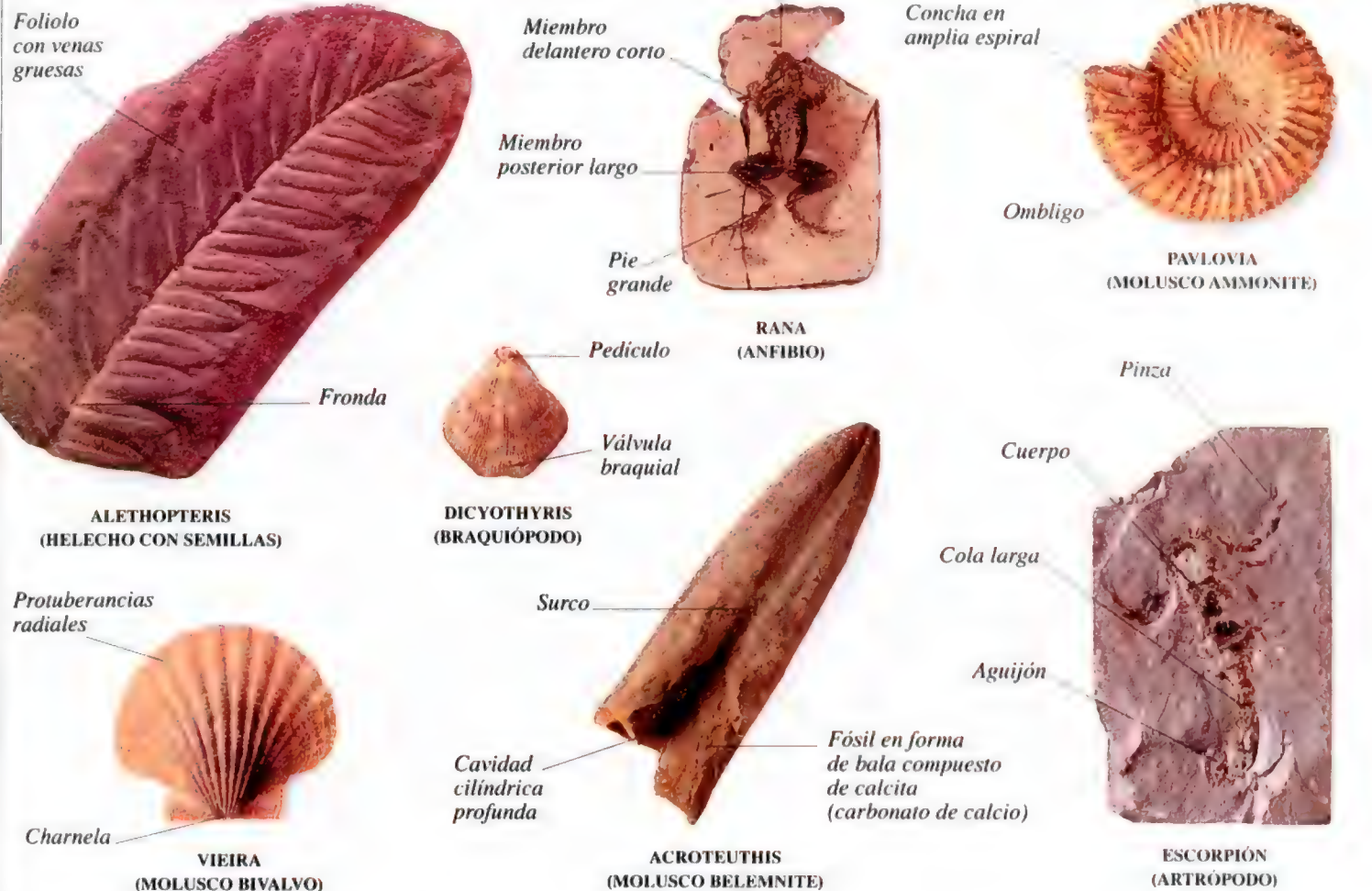
LOS FÓSILES SON LOS RESTOS DE PLANTAS Y ANIMALES que han quedado conservados en las rocas. Fósiles pueden ser los restos preservados de un organismo, la impresión que ese organismo dejó en la roca, sus huellas preservadas y estampadas mientras vivía, en forma de siluetas de carbono orgánico, huellas fosilizadas o excrementos. La mayoría de los organismos muertos rápidamente se descompone o es devorado por animales carroñeros. Para que ocurra la fosilización es necesario que los restos sean sepultados rápidamente por sedimentos.

El organismo entonces se descompone, pero sus partes duras, como por ejemplo huesos, dientes y conchas, pueden ser preservadas y endurecidas en los minerales contenidos en los sedimentos que lo rodean. La fosilización puede ocurrir también cuando las partes duras del organismo se disuelven y dejan una impresión o huella llamada molde, que se llena de minerales formando una especie de forma o "doble" del organismo. El estudio de los fósiles -la paleontología- no solamente muestra cómo han evolucionado los seres vivos, sino que ayuda a revelar la historia geológica de la Tierra, asistiéndola, por ejemplo, en la datación de los estratos rocosos.

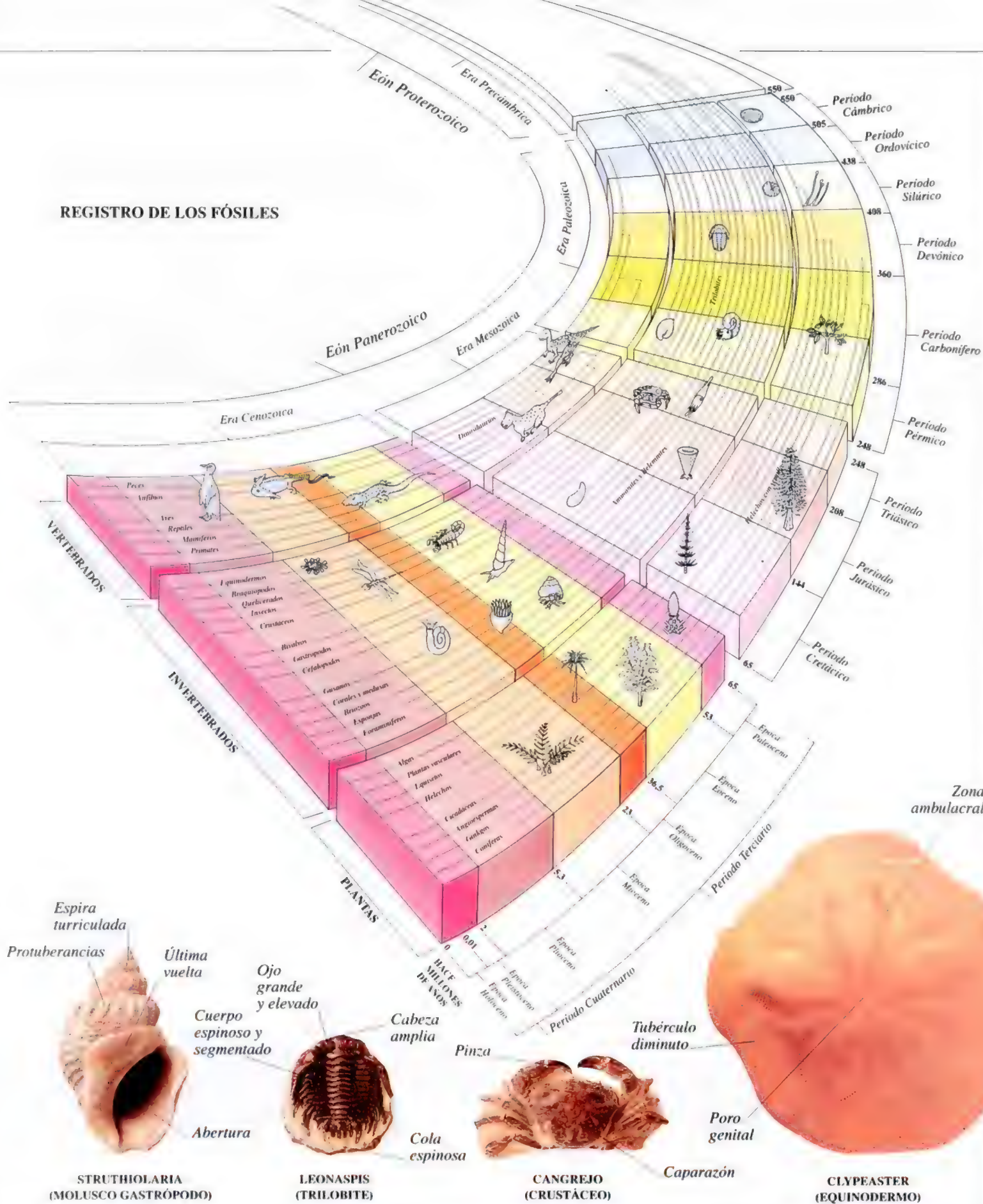
PROCESO DE FOSILIZACIÓN



EJEMPLO DE FÓSILES



REGISTRO DE LOS FÓSILES



Recursos minerales

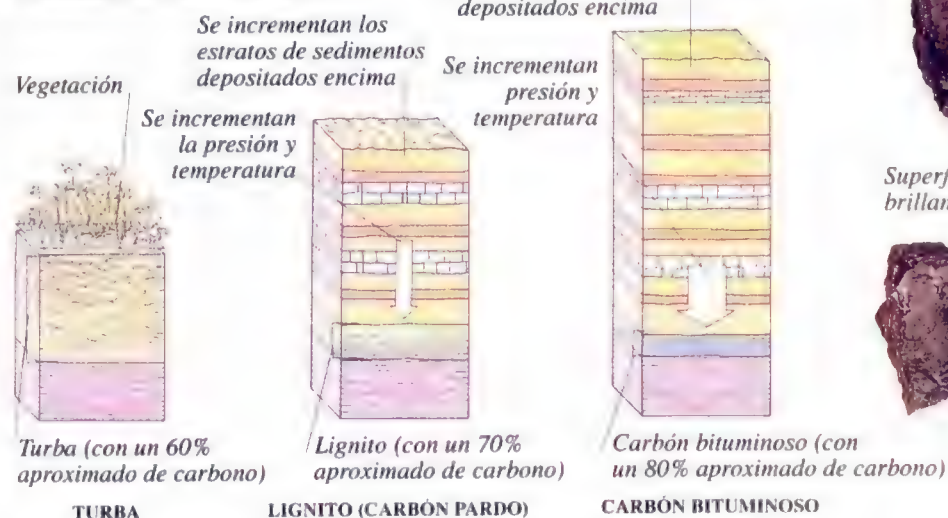
LOS RECURSOS MINERALES PUEDEN DEFINIRSE como aquellos que se producen de una manera natural y que pueden ser extraídos de la tierra para utilizarse en forma de combustible y materias primas. El carbón, el petróleo y el gas -generalmente llamados combustibles fósiles- están considerados dentro de este grupo, aunque no pueden considerarse estrictamente minerales, porque tienen un origen orgánico. La formación del carbón comienza cuando la vegetación es enterrada y descompuesta, en parte, formando la turba. La capa de sedimentos que se deposita encima comprime la turba

y la transforma en lignito (carbón pardo). A medida que los sedimentos se acumulan aumenta la presión y la temperatura transformando el lignito en carbón bituminoso y antracita. El petróleo y el gas generalmente se forman a partir de materias orgánicas depositadas en los sedimentos marinos. Bajo los efectos del calor y la presión, la materia orgánica comprimida experimenta complejas reacciones

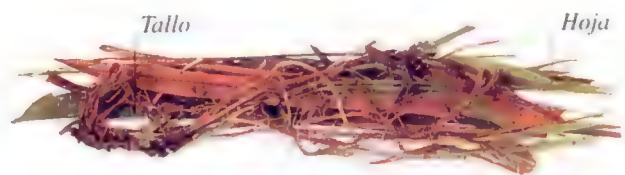
químicas que la convierten en petróleo y gas. El petróleo y gas se filtran hacia arriba a través de rocas permeables saturadas de agua y pueden ascender a la superficie terrestre o bien acumularse bajo un estrato impermeable de roca que haya sido plegada o fallada, formando lo que se conoce como una bolsa (una bolsa anticlinal, por ejemplo).

Los minerales son sustancias inorgánicas que pueden componerse de un elemento químico simple, como el oro, la plata o el cobre, o combinaciones de ellos. Algunos minerales están concentrados en zonas mineralizadas, asociadas con movimientos de placas o actividad volcánica. Otros pueden encontrarse en sedimentos como los depósitos de aluviones auríferos, acumulaciones de alta densidad mineral que han sido meteorizados fuera de las rocas, transportados y depositados (en los lechos de los ríos, por ejemplo).

FORMACIÓN DEL CARBÓN



ETAPAS EN LA FORMACIÓN DEL CARBÓN



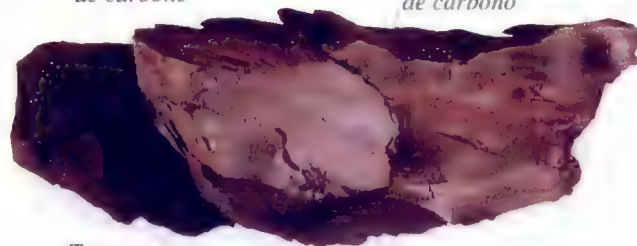
MATERIA VEGETAL



Un 60% aproximado de carbono

TURBA

Un 70% aproximado de carbono



Textura deleznable

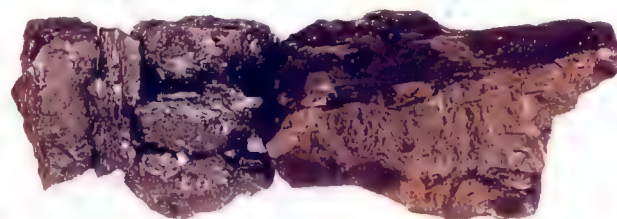
Textura pulverulenta

Un 80% aproximado de carbono

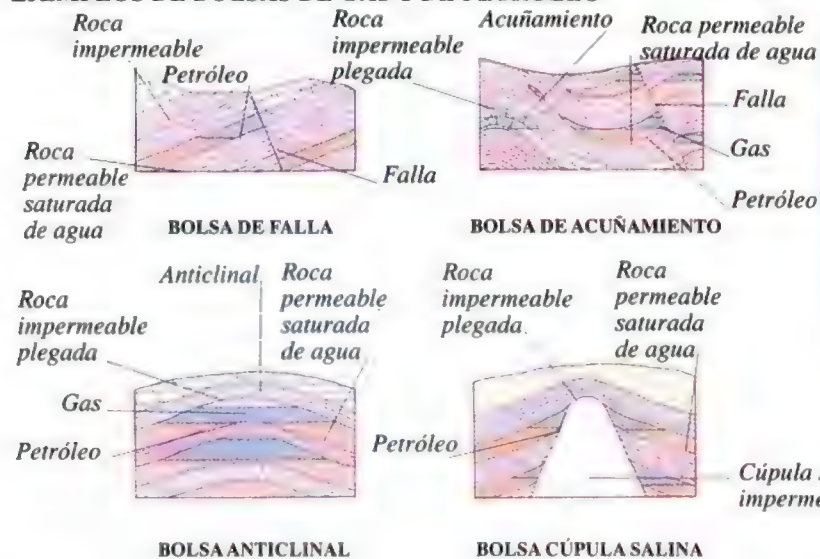


Superficie brillante

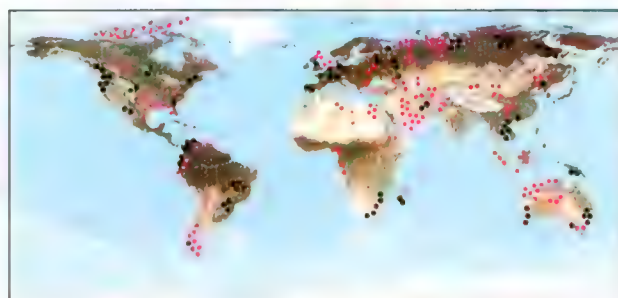
Un 95% aproximado de carbono



EJEMPLOS DE BOLSAS DE GAS Y DE PETRÓLEO



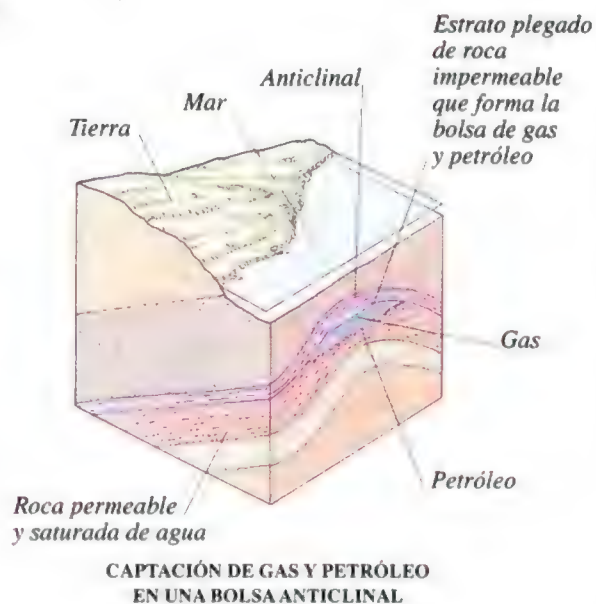
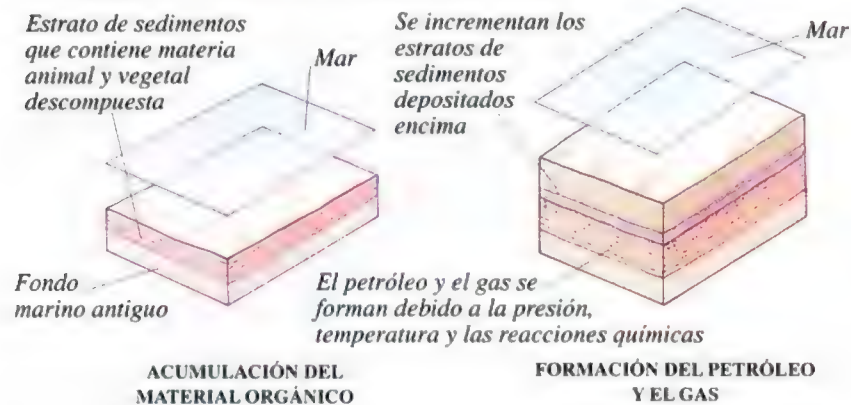
PRINCIPALES DEPÓSITOS DE PETRÓLEO, DE GAS Y DE CARBÓN



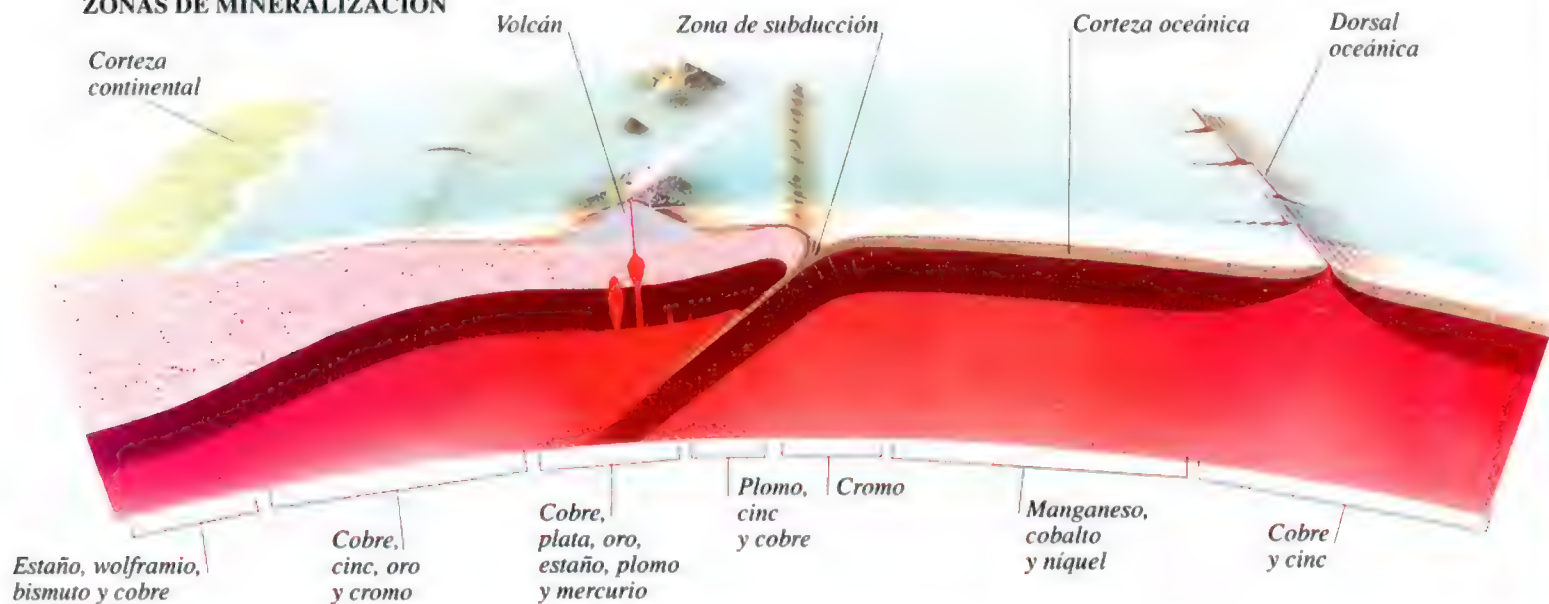
Carbón

Petróleo y gas

FORMACIÓN DE UNA BOLSA ANTICLINAL



ZONAS DE MINERALIZACIÓN



Meteorización y erosión

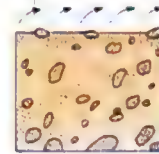
LA METEORIZACIÓN ES LA DESCOMPOSICIÓN DE LAS ROCAS de la superficie terrestre. Existen dos tipos de meteorización: la física (o mecánica) y la química. La meteorización puede ser causada por cambios de temperatura -tales como congelación y fusión- o por la abrasión del material transportado por el viento, los ríos y los glaciares. Las rocas también pueden ser erosionadas por la acción de animales o plantas, como sucede cuando los animales o las raíces perforan el suelo. La meteorización química causa la descomposición de las rocas a causa de los cambios que ocurren en su composición química; por ejemplo, las precipitaciones pueden disolver ciertos minerales en las rocas. La erosión es la destrucción por desgaste y la remoción de las superficies terrestres por causa del agua, el viento o el hielo. La erosión es mayor en las áreas pobres o desprovistas de vegetación, como las desérticas, donde pueden formarse dunas de arena.

FORMACIÓN DE UNA HAMADA (DESIERTO PÉTREO)

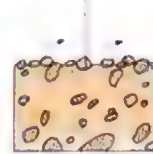
El viento dispersa partículas pequeñas

Las partículas mayores se van agregando

Se forma la hamada



PRIMERA FASE



SEGUNDA FASE

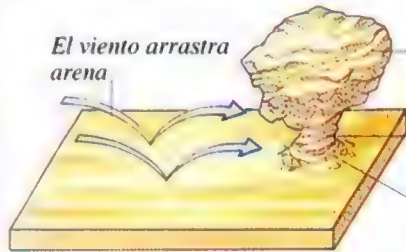


FASE FINAL

LA METEORIZACIÓN Y LA EROSIÓN

LA ACCIÓN DEL VIENTO

El viento arrastra arena



Roca en forma de hongo

Cuello

Roca blanda erosionada por la acción de la arena arrastrada por el viento

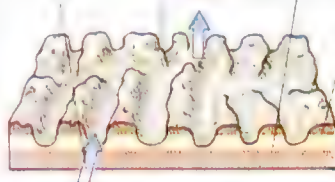
PEDESTAL DE ROCA

Arena arrastrada por el viento

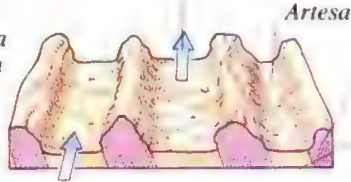
Diaclasa ensanchada

Roca blanda

Roca dura



ZEUGEN



YARDANG

Artesa

Roca poco compacta

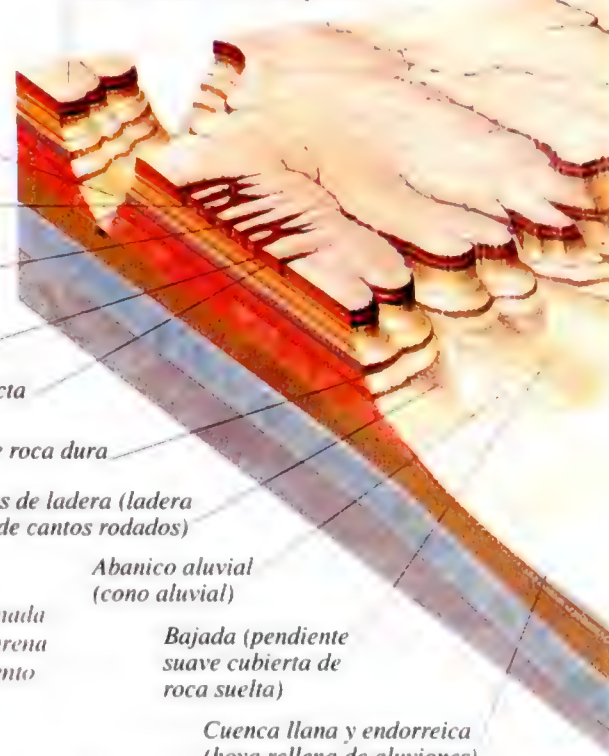
Plataforma de roca dura

Derrubios de ladera (ladera cubierta de cantos rodados)

Roca dura

Roca blanda erosionada por la acción de la arena arrastrada por el viento

Mesa (meseta de cima plana)



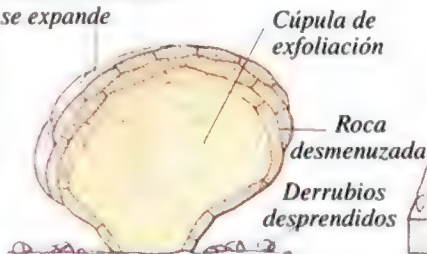
Abanico aluvial (cono aluvial)

Bajada (pendiente suave cubierta de roca suelta)

Cuenca llana y endorreica (hoya rellena de aluviones)

EJEMPLOS DE PROCESOS DE METEORIZACIÓN FÍSICA

La superficie de la roca calentada se expande



Cúpula de exfoliación

Roca desmenuzada

Derrubios desprendidos

EXFOLIACIÓN (METEORIZACIÓN EN CASCOS DE CEBOLLA)

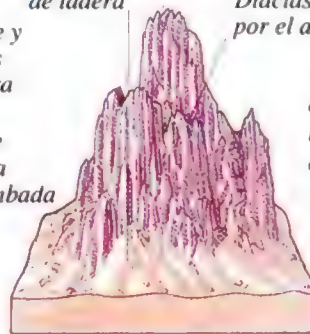
La diaclasa se expande y se contrae debido a los cambios de temperatura



METEORIZACIÓN EN BLOQUES

Bloque de roca derrumbada

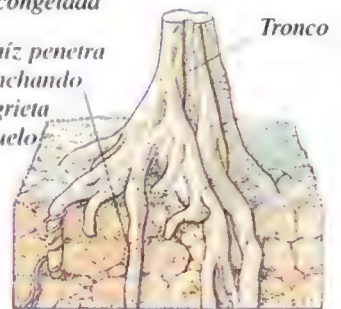
Derrubios de ladera



METEORIZACIÓN POR LAS HELADAS

Diaclasa ensanchada por el agua congelada

La raíz penetra ensanchando una grieta del suelo

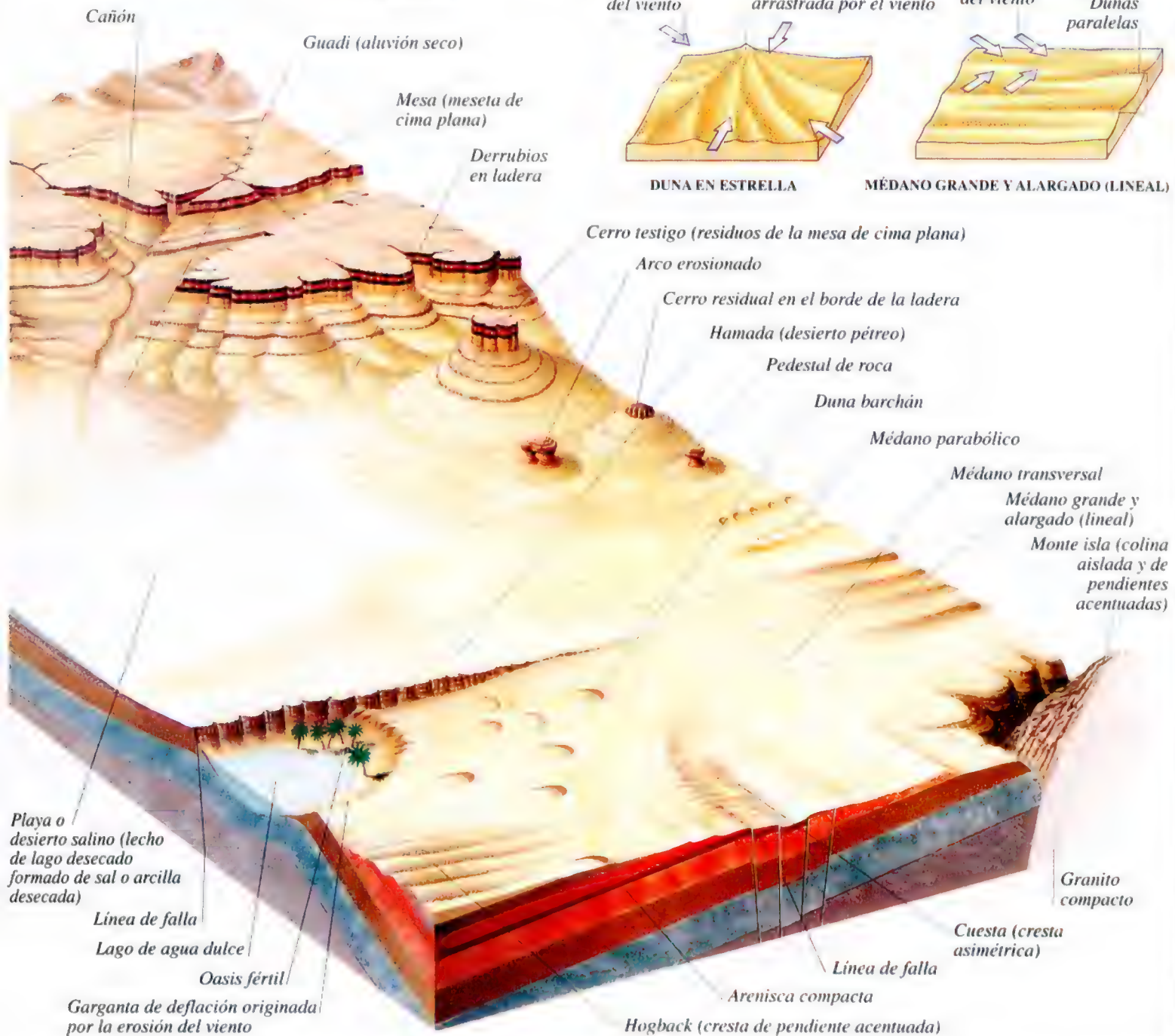


ACCIÓN DE LAS RAÍCES DE LOS ÁRBOLES

CORTE A TRAVÉS DE UNA DUNA BARCHÁN



EJEMPLOS DE DUNAS DE ARENA



Cuevas

LAS CUEVAS SE FORMAN EN ZONAS CALIZAS, aunque en las áreas costeras también se presentan en otros tipos de rocas. La caliza está compuesta de calcita (carbonato de calcio), disuelta en el ácido carbónico naturalmente presente en el agua de lluvia y en los ácidos húmedos que se originan durante la descomposición de los vegetales. El agua acidulada gotea a través de las grietas y junturas de la caliza y entre los estratos rocosos, rompiendo la superficie del terreno en trozos de roca, separados por grietas de disolución, profundas hendiduras y, de vez en cuando, por torcas (también llamadas sumideros) en cuya superficie las

ESTALACTITAS corrientes pueden desaparecer. Bajo la tierra, el agua acidulada **UNIDAS** disuelve las rocas alrededor de las fisuras, abriendo una red de galerías y cuevas que pueden convertirse en grandes cavernas si el techo cede. Cuando la calcita disuelta en el agua vuelve a depositarse, puede hacerlo de diferentes maneras: por ejemplo, como depósito calcáreo de borde a lo largo de una corriente subterránea (una serie de cadenas de calcita), o en las cuevas o galerías formando estalactitas y estalagmitas. A medida que el agua gotea del techo, la calcita disuelta se va precipitando químicamente formando las estalactitas. En el lugar del suelo donde caen las gotas se forman las estalagmitas.

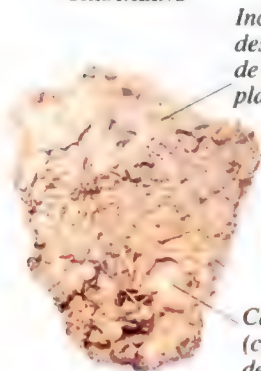
FORMACIONES DE ESTALAGMITA



SUELO ESTALAGMÍTICO CRISTALINO



TOBA CALCÁREA



SUELO ESTALAGMÍTICO

Incrustaciones de desechos de tallos de pequeñas plantas

Calcita (carbonato de calcio)

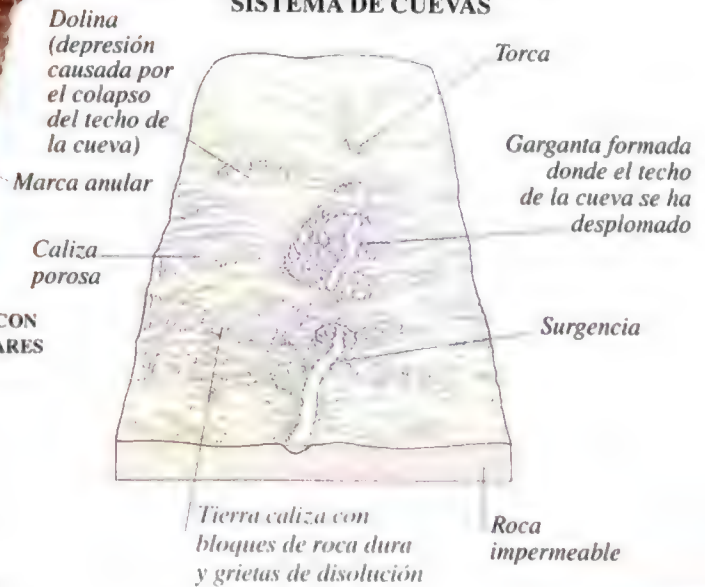
Calcita (carbonato de calcio)

Incrustaciones finas de calcita (carbonato de calcio)

Incrustaciones con estructura fungoidea

DOMO ESTALAGMÍTICO

SUPERFICIE TOPOGRÁFICA DE UN SISTEMA DE CUEVAS



Corte de roca descubierta

Nivel freático primitivo

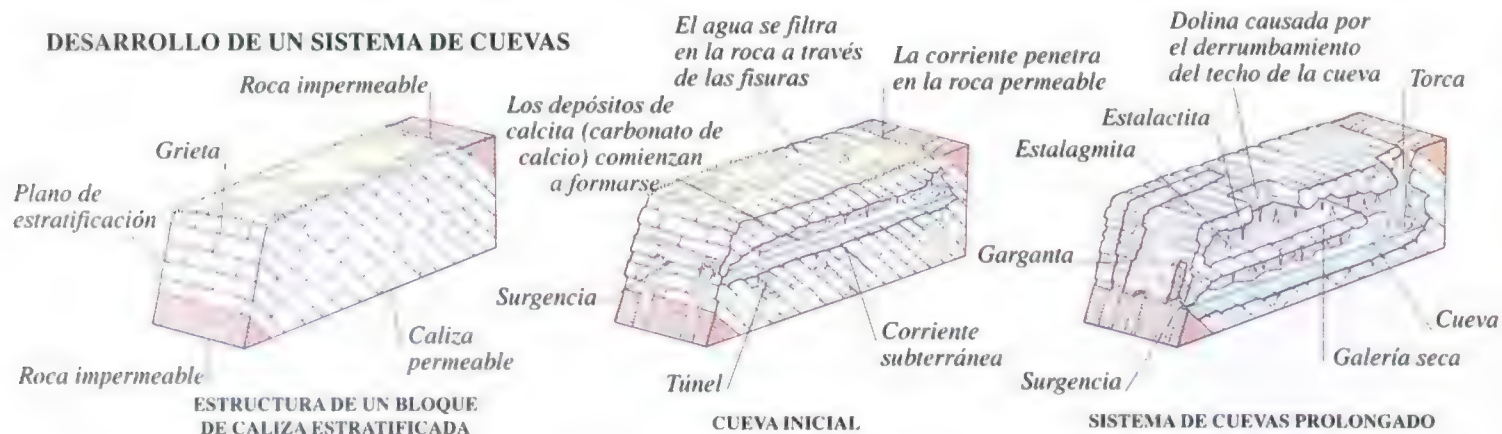
Caliza permeable

Surgencia

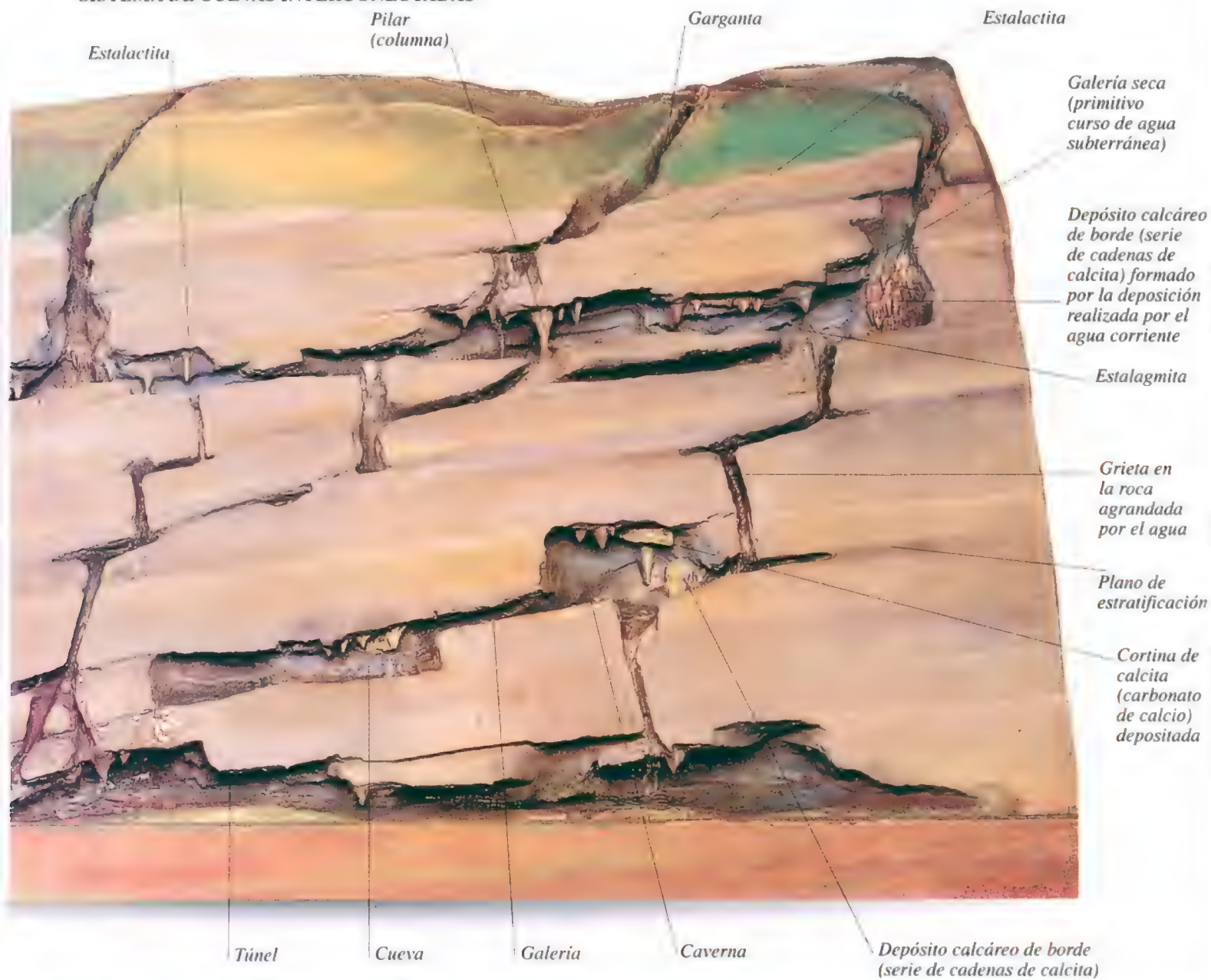
Estrato de roca impermeable

Nivel freático actual

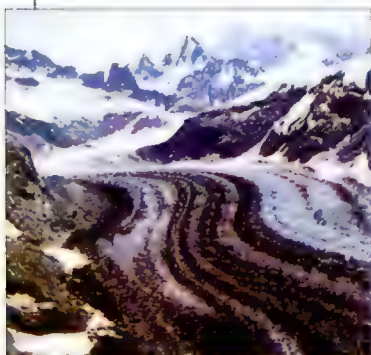
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CUEVAS



SISTEMA DE CUEVAS INTERCONECTADAS



Glaciares



GLACIAR BAY, ALASKA

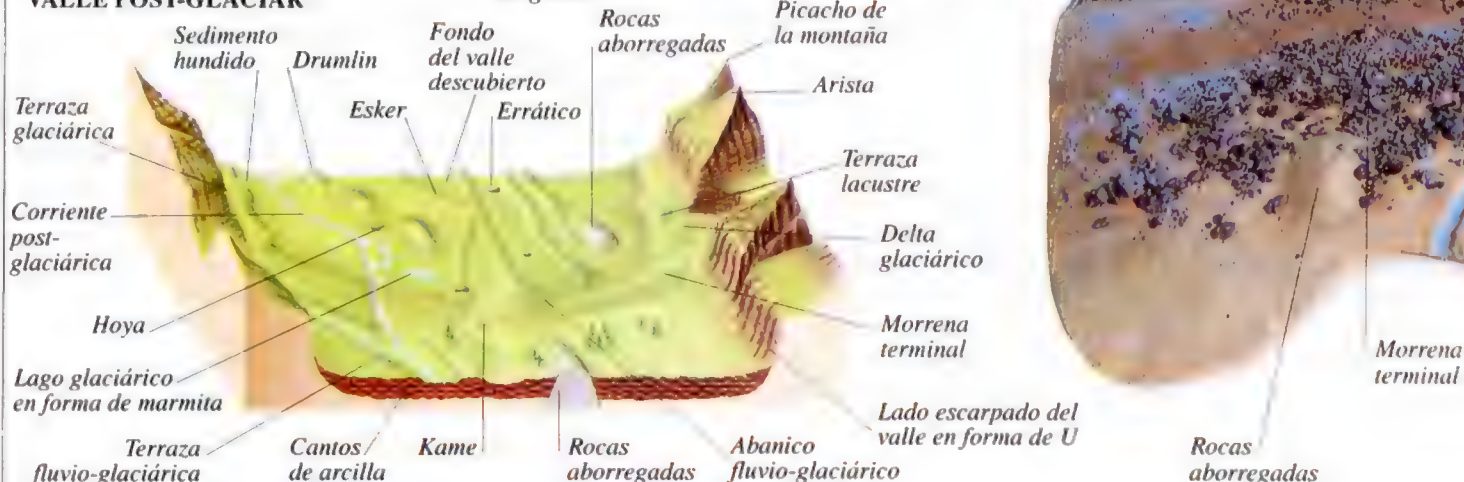
UN VALLE GLACIAR ES UNA GRAN MASA DE HIELO que se forma sobre la tierra y que a causa de su propio peso se desplaza lentamente montaña abajo. Se forma a partir de la nieve que se acumula en depresiones naturales, causadas por la erosión, conocidas como circos (o anfiteatros). A medida que la nieve se acumula, se va comprimiendo hasta transformarse en hielo. El circo es ahondado por la meteorización causada por las heladas y por la abrasión, mientras las aristas (crestas afiladas) comienzan a desarrollarse entre dos circos adyacentes. Cuando la cantidad de hielo acumulada en el circo es excesiva, el glaciar comienza a resbalarse. A medida que el glaciar va descendiendo, arrastra morrenas (desechos o derrubios), que pueden fluctuar en tamaño desde partículas de polvo hasta grandes rodados. El valle es erosionado en forma de U por las rocas que arrastra la base del glaciar. A medida que el glaciar se desplaza, en el suelo del valle van quedando rocas aborregadas (acanaladas por la erosión) y drumlins (montículos alargados de roca o arcilla). El glaciar termina en su extremo inferior, donde el hielo se derrite tan pronto como llega. Si la temperatura sube, el hielo se derrite antes

de llegar y el glaciar retrocede. La retirada del glaciar deja tras de sí morrena y erráticos (grandes piedras aisladas). Las corrientes glaciares formadas por el deshielo depositan eskers y kames (lomos y montones de arena y grava), pero trasladan finos sedimentos para formar una llanura estratificada. Montones de hielo trasladados a esa llanura se funden originando cavidades profundas, denominadas hoyas

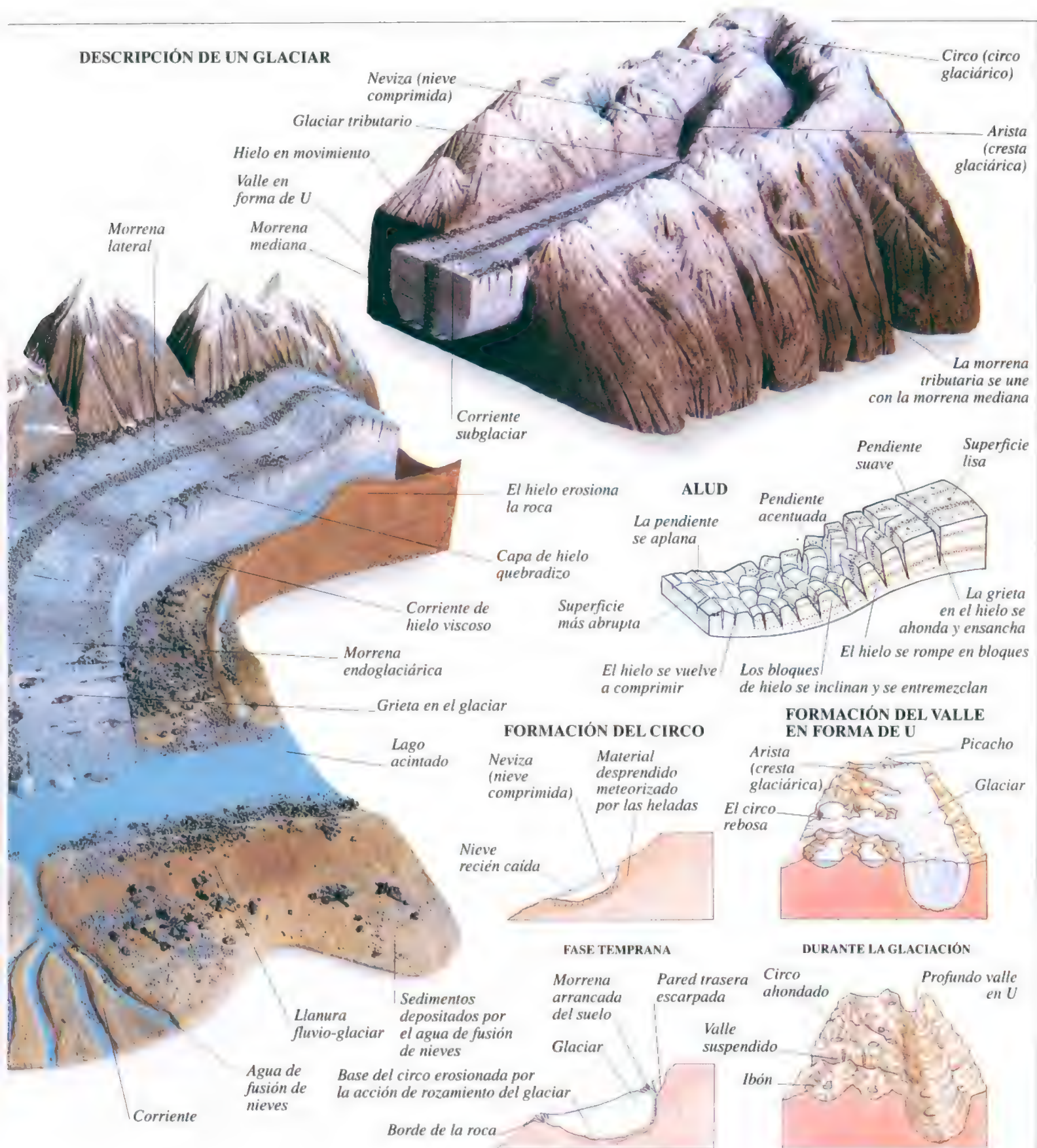
VALLE GLACIAR



VALLE POST-GLACIAR



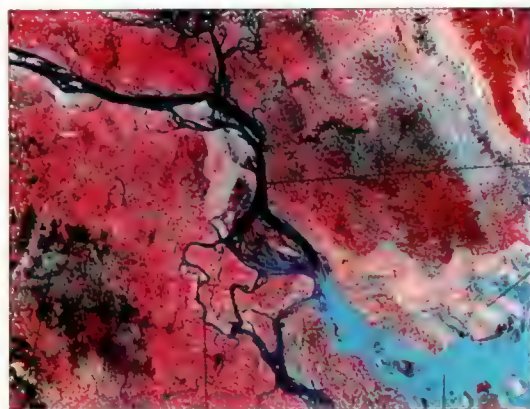
DESCRIPCIÓN DE UN GLACIAR



Ríos

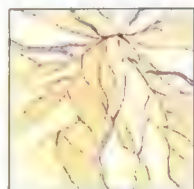
LOS RÍOS FORMAN PARTE DEL CICLO HIDROLÓGICO, la continua circulación del agua entre la tierra, el mar y la atmósfera. La fuente de un río puede ser un manantial de montaña o un lago o el deshielo de un glaciar. El curso que toma el río depende de la inclinación del terreno y del tipo de roca que compone el lecho y las formaciones sobre las cuales fluye. En estas primeras etapas el río fluye por planicies desde las que brinca con fuerza sobre rocas y grandes piedras moldeando un valle de precipicios y paredes escarpadas en forma de V. Más lejos, corriente abajo, fluye suavemente sobre sedimentos y serpentea en espiral erosionando las riberas, creando extensos valles y planicies. Al alcanzar la costa el río puede depositar sedimentos para formar un estuario o un delta (páginas siguientes).

IMAGEN SATELITAL DEL DELTA DEL RÍO GANGES, EN BANGLADESH

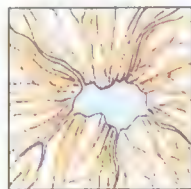


Infértil zona pantanosa Distributario Gran cantidad de sedimentos

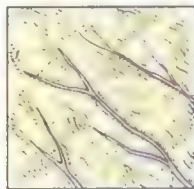
CONFIGURACIONES DE AVENAMIENTO (DRENAJE) DE UN RÍO



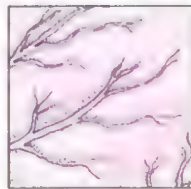
RADIAL



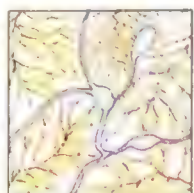
CENTRÍPETA



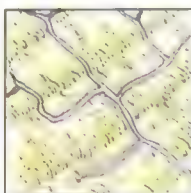
PARALELA



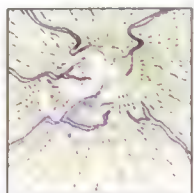
DENDRÍTICA



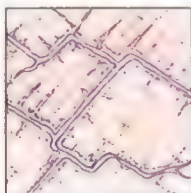
DESCOMPUESTA



EN ESPALDERA



ANULAR

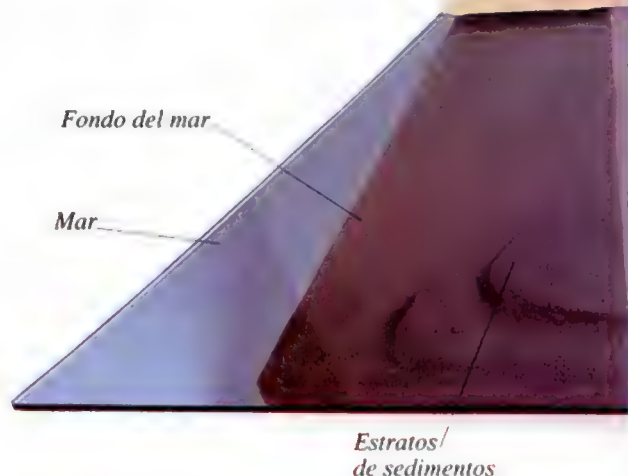


RECTANGULAR

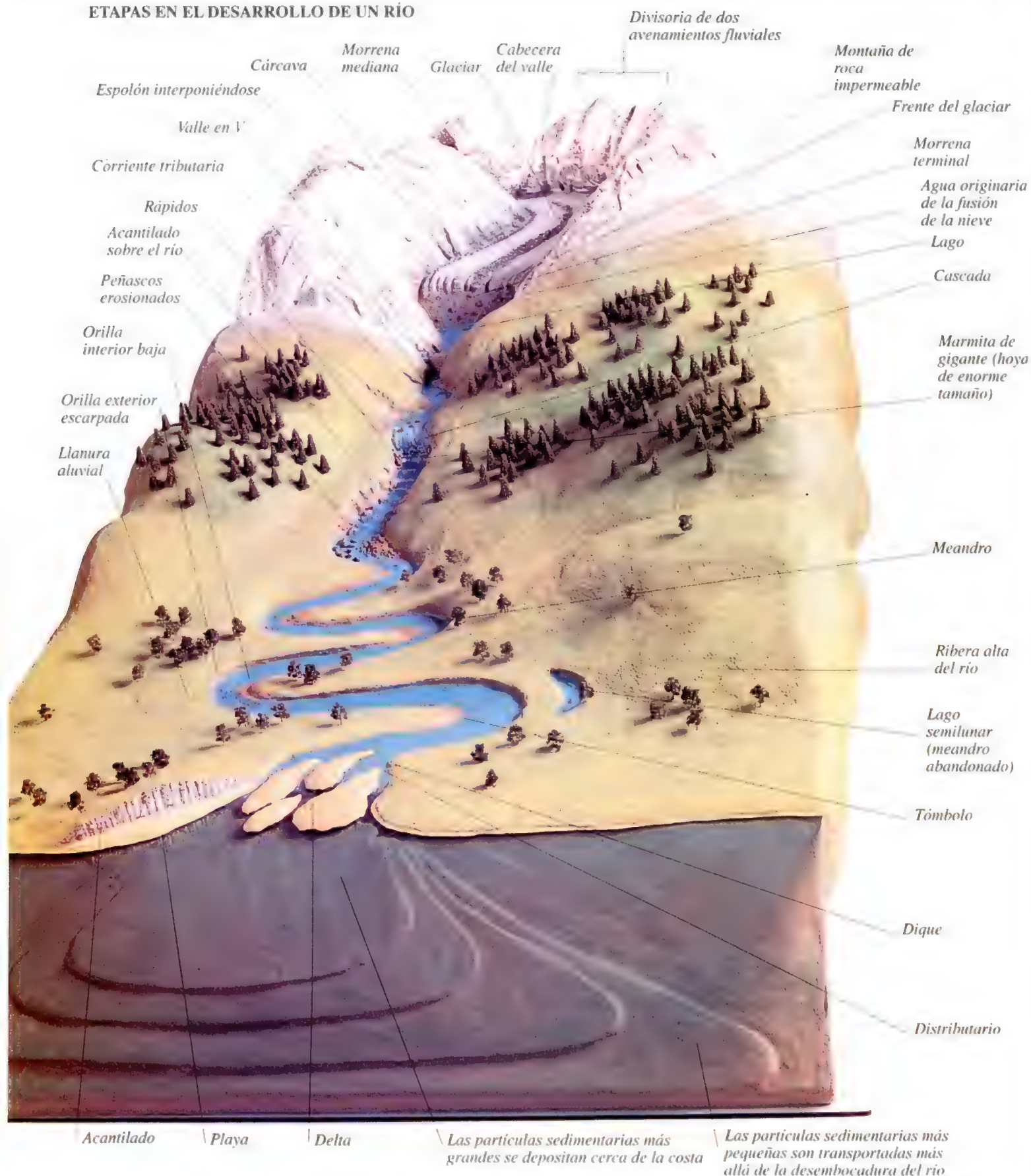
CAPTURA DE UN RÍO



EL CICLO HIDROLÓGICO



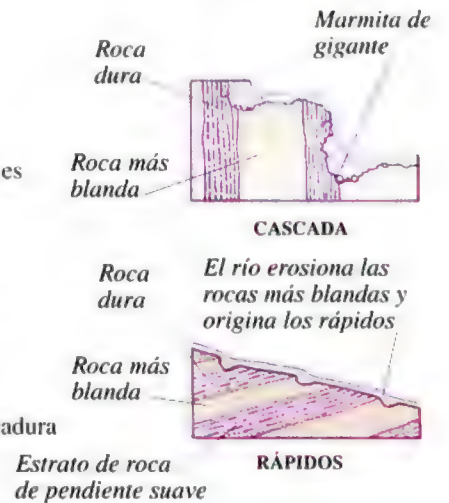
ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN RÍO



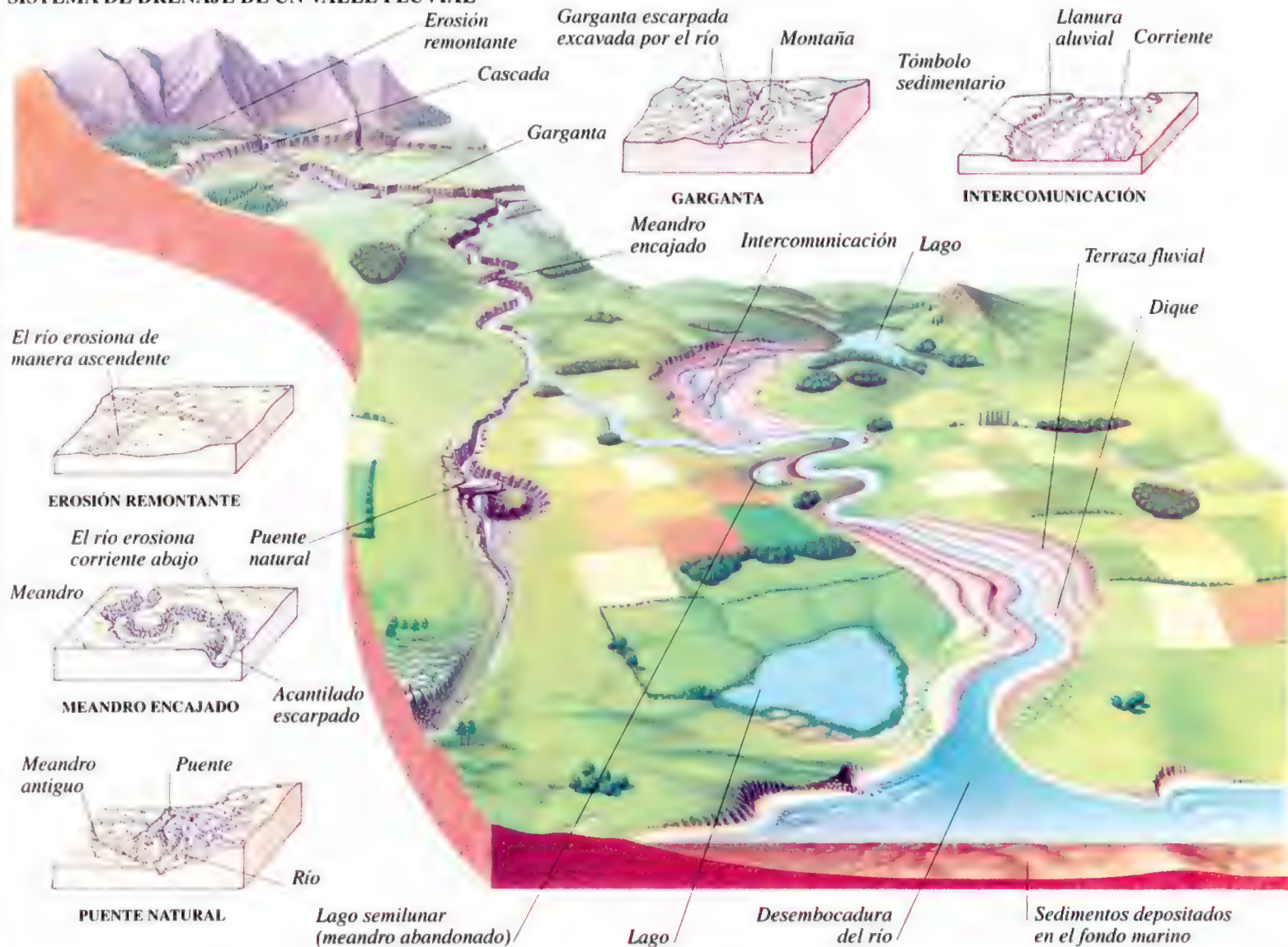
El curso del río

LOS RÍOS SON UNA DE LAS PRINCIPALES FUERZAS QUE DAN FORMA al paisaje terrestre. Cerca de su fuente, la corriente del río es tan fuerte que erosiona su lecho, cavando un escarpado valle en forma de V y profundas gargantas. Los saltos de agua y los rápidos se forman cuando el río fluye desde una roca dura hasta otra más blanda y por eso más fácilmente erosionable. Más lejos, corriente abajo, serpentea en espiral (forma meandros) provocando una mayor erosión en las orillas, la que origina valles bastante anchos. Frecuentemente el río erosiona a través del cuello de un meandro formando un lago semicircular o recodo. Los sedimentos depositados sobre el suelo del valle por los serpenteantes ríos y durante las crecidas o inundaciones ayudan a formar una planicie aluvial. Las inundaciones pueden depositar sedimentos en las orillas de los ríos, originando riberas o malecones. A medida que el río desemboca en el mar o en un lago va depositando gran cantidad de sedimentos que pueden formar un delta. Un delta es una zona de bancos de arena, pantanos y lagos a través de la cual el río fluye en diferentes direcciones que reciben el nombre de brazos o distributarios, como, por ejemplo, el delta del Mississippi. A menudo una elevación del nivel del mar puede causar la inundación de la desembocadura del río, la que provoca la formación de un gran estuario, una zona afectada por las mareas donde el agua de mar se mezcla con el agua dulce.

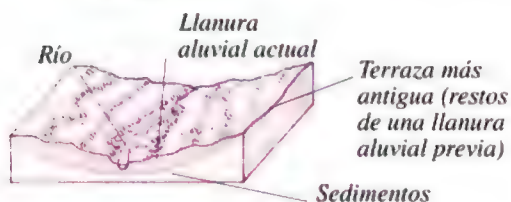
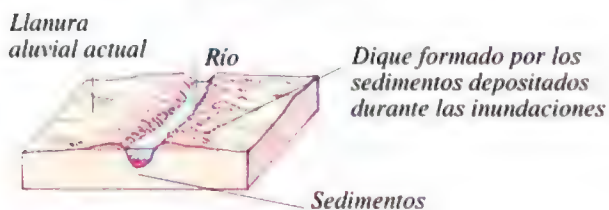
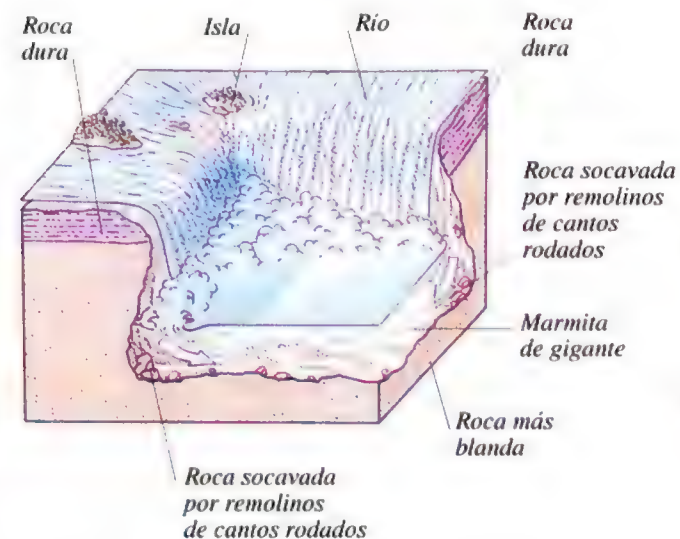
FORMACIÓN DE LAS CASCADAS Y LOS RÁPIDOS



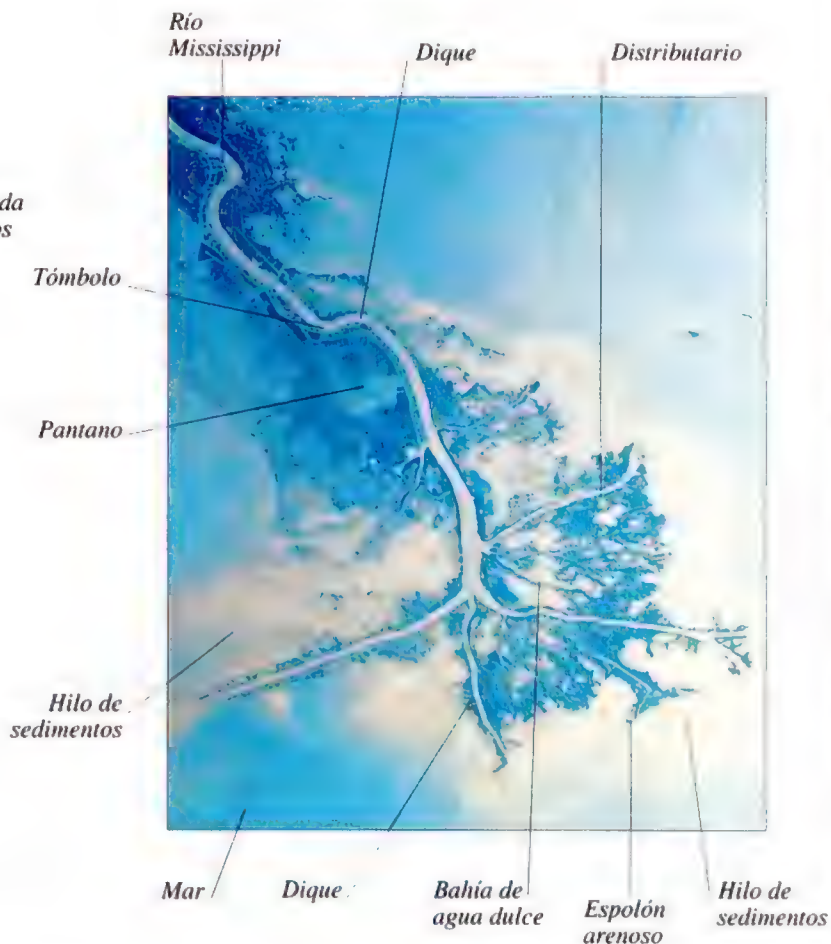
SISTEMA DE DRENAJE DE UN VALLE FLUVIAL



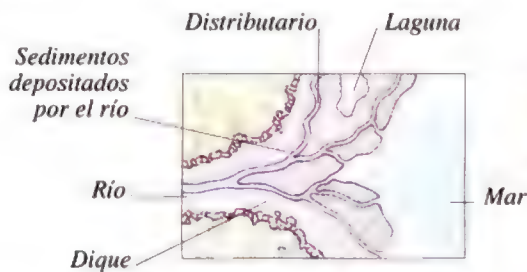
LA CASCADA



EL DELTA DEL MISSISSIPPI



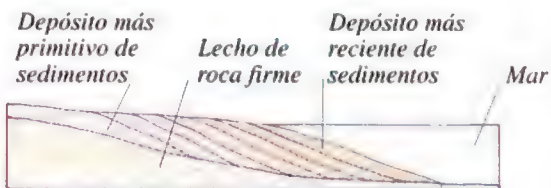
FORMACIÓN DE UN DELTA



FASE INICIAL



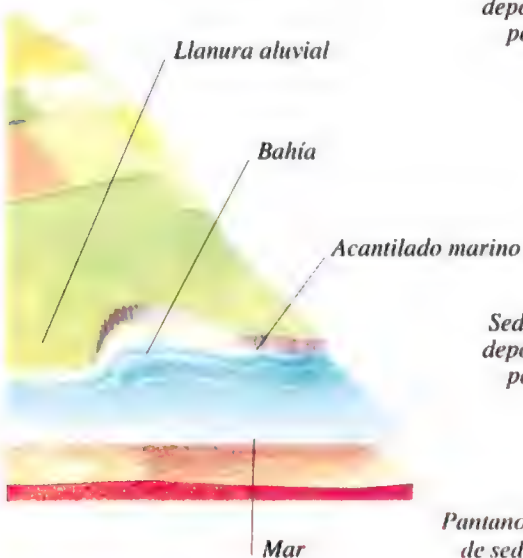
FASE MEDIA



SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN DELTA

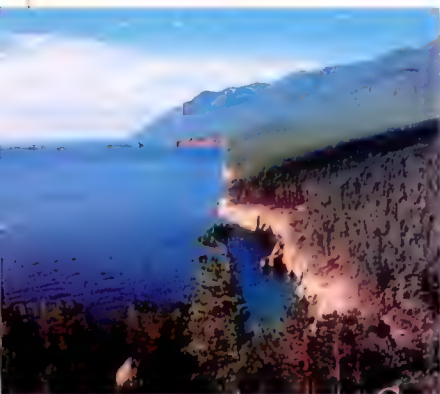


FASE FINAL



Lagos y aguas subterráneas

LOS LAGOS NATURALES SE ORIGINAN EN UNA CAVIDAD HORADADA EN ROCA IMPERMEABLE, donde se acumula una gran cantidad de agua o bien en aquellos lugares en donde el agua es impedida de salir a causa de la obstrucción de un dique, una morrena (depósito de sedimentos glaciares) o lava sólida. Los lagos suelen ser accidentes de terreno con una vida relativamente corta, debido a que tienden a llenarse con cieno y sedimentos procedentes de las corrientes y los ríos que los alimentan.

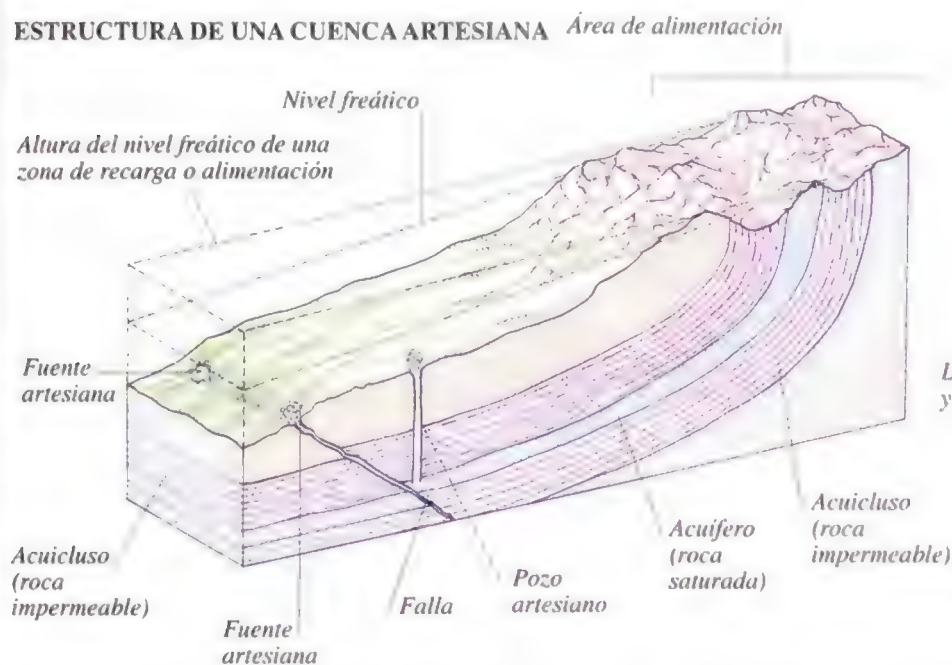


LAGO BAIKAL, RUSIA

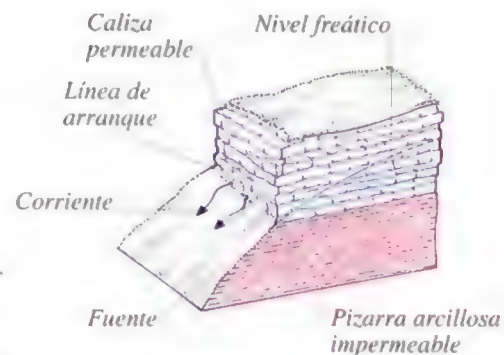
Algunos de los lagos más grandes y duraderos se encuentran en profundos valles agrietados, formados por movimientos verticales de la corteza terrestre; como, por ejemplo, el Baikal en Rusia, el lago de agua dulce más grande del mundo, y el Mar Muerto, en Medio Oriente, uno de los más salados de la Tierra. En los lugares donde corre, el agua penetra en la tierra hasta que llega a un estrato de roca impermeable, acumulándose sobre él en rocas permeables. Estas rocas permeables y saturadas de agua reciben el nombre de acuífero. La zona de saturación varía en profundidad de acuerdo a los cambios climáticos y estacionales. En condiciones de humedad, el agua almacenada bajo tierra aumenta, mientras disminuye en períodos secos. En el lugar

donde se encuentra el nivel superior de la zona saturada -nivel freático o hidrostático- con la superficie terrestre, el agua acumulada emerge en forma de fuente o manantial. En una cuenca artesiana, donde el acuífero está por debajo de la capa de roca impermeable (acuicluso), el nivel hidrostático de la cuenca se determina por su altura con respecto al borde. En el centro de dicha cuenca el nivel freático se encuentra por encima del nivel del terreno. El agua de la cuenca queda, de ese modo, atrapada bajo el nivel freático, y por su propia presión puede ascender a lo largo de las fallas del terreno saliendo por pozos o manantiales.

ESTRUCTURA DE UNA CUENCA ARTESIANA



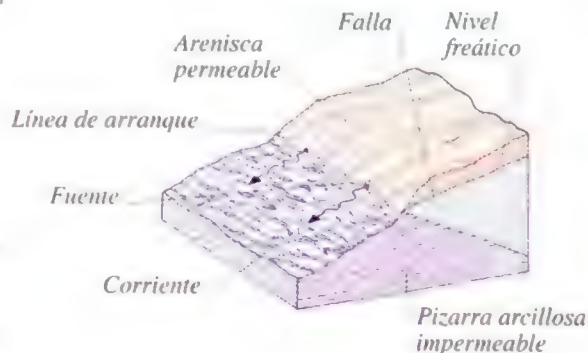
EJEMPLOS DE FUENTES



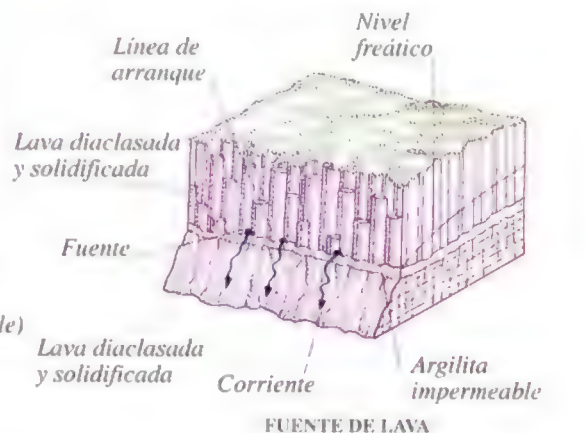
FUENTE DE CALIZAS



FUENTE COSTERA (DE VALLE)

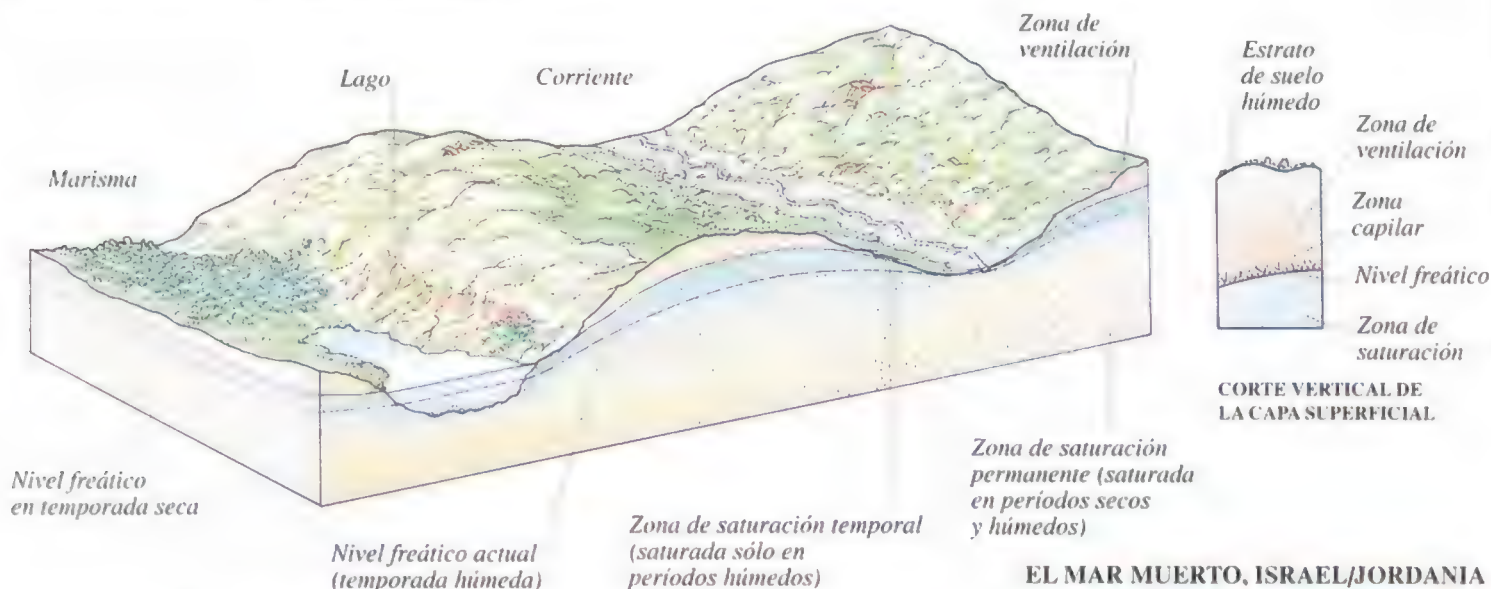


FUENTE DE FALLA



FUENTE DE LAVA

SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

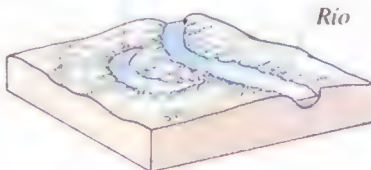
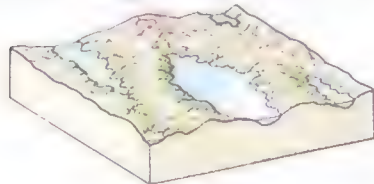


EJEMPLOS DE LAGOS

Depósitos glaciares

Lago situado en una hoya en forma de marmita (emplazamiento primitivo del bloque de hielo)

Lago semilunar (meandro abandonado)



LAGO GLACIARICO DE MARMITA

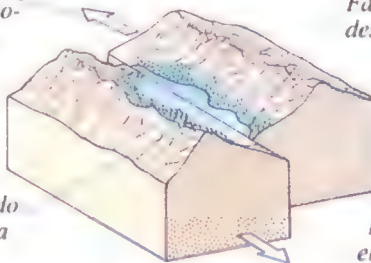
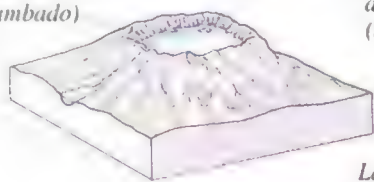
Caldera (cráter derrumbado)

Lago volcánico

Movimiento a lo largo de la falla rumbo-deslizante (lateral)

LAGO SEMILUNAR

Falla rumbo-deslizante (lateral)



LAGO VOLCÁNICO

Lago situado en una sima alargada

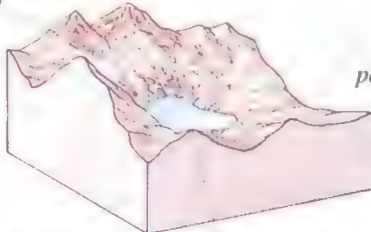
Muros escarpados en la fosa tectónica

Fosa tectónica o rift valley

LAGO DE FALLA RUMBO-DESILIZANTE (LATERAL)

Pared trasera escarpada erosionada por la escarcha y el hielo

Morrena o lago de ladera en el borde de la roca



Sal depositada por la evaporación

Valle de paredes altas

Fosa de hundimiento (bloque fallado)

Ibón (lago montañoso circular)

LAGO GRABEN (LAGO DE FOSA)

IBÓN

EL MAR MUERTO, ISRAEL/JORDANIA



Rio Jordán

Mar Muerto

Israel

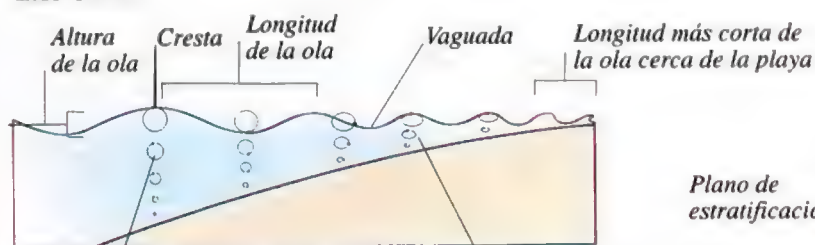
Aguas someras

Jordania

Costas

Las costas están entre los accidentes del paisaje que cambian a mayor velocidad. Algunas son erosionadas por las olas, el viento y la lluvia que socavan acantilados y excavan cavernas en la roca sólida. Otras son formadas por la acumulación de arena y pequeñas rocas arrastradas por las olas como parte de un proceso conocido como corriente litoral y por los ríos que depositan sedimentos en sus deltas. Adicionalmente influye también la acción de organismos vivos, como el coral, los movimientos de la corteza terrestre y las variaciones del nivel del mar causadas por cambios climáticos. La emersión de tierras o una caída del nivel del mar crea una línea de costa con acantilados y playas varadas sobre el nuevo borde de la playa. El hundimiento de la tierra y la elevación del nivel del mar produce una costa sumergida caracterizada por fiordos (valles glaciares anegados) y valles fluviales sumergidos.

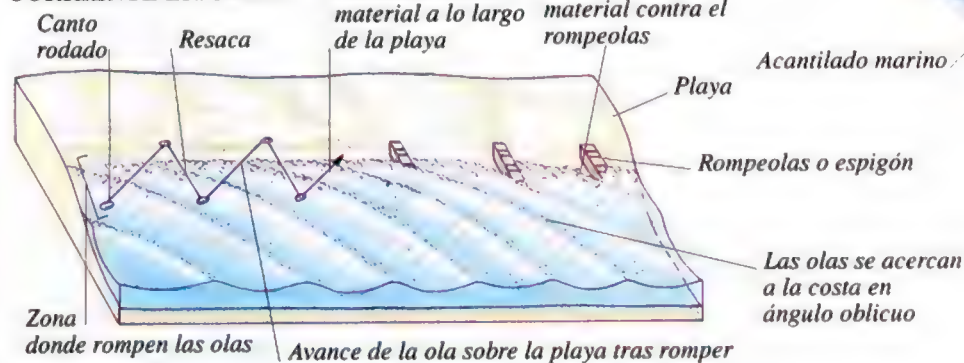
LAS OLAS



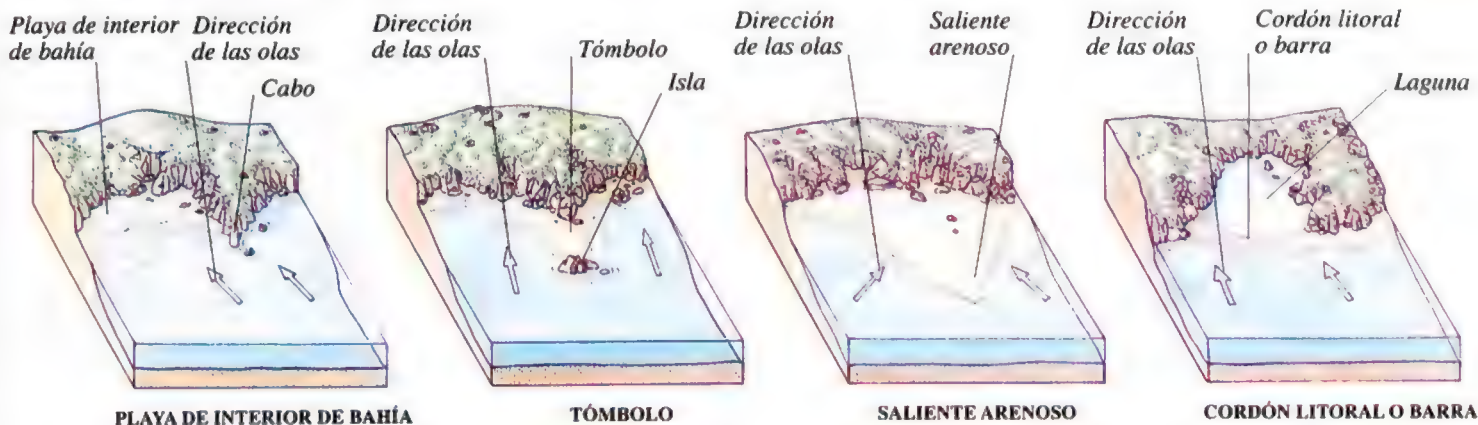
Trayectoria circular del agua y de las partículas en suspensión

La trayectoria se va deformando en una elipse a medida que el agua va siendo menos profunda

CORRIENTE LITORAL



LAS LÍNEAS DE COSTA



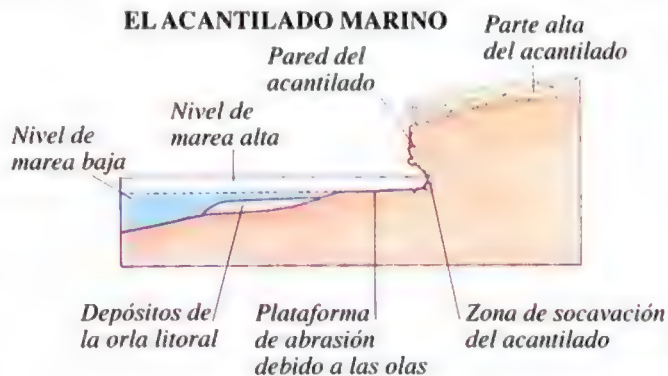
PLAYA DE INTERIOR DE BAHÍA

TÓMBOLO

SALIENTE ARENOSO

CORDÓN LITORAL O BARRA

EL ACANTILADO MARINO



Río maduro

Cabo

Plano de estratificación

Acantilado marino

Restos del cabo primitivo

Estuario

LA LÍNEA DE COSTA

Desembocadura del río influida por las mareas

Afluente

Caleta

Plano de estratificación

Derrubios de roca

Cueva marina agrandada por la erosión

Acantilado desprendido

El peñasco permanece

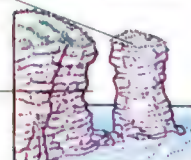
Cueva marina totalmente erosionada

Acantilado marino

FORMACIÓN DE UN PEÑASCO COSTERO



EROSIÓN DE LA CUEVA MARINA



DERRUMBAMIENTO DE LA CUEVA MARINA

Dintel

Peñasco costero en forma de columna

Arco

LÍNEAS EMERGENTES DE COSTA

Plataforma de abrasión al descubierto

Playa colgada

Antiguo acantilado marino

Antigua cueva marina

Nuevo acantilado marino

Nueva playa

Nivel de marea alta

Nivel de marea baja

LÍNEA DE COSTA DE LAS TIERRAS ALTAS

Valle ahondado por un río que erosiona hasta alcanzar el nuevo nivel del mar

Antigua línea de costa

Nueva planicie costera

Nueva línea de costa

LÍNEA DE COSTA DE LAS TIERRAS BAJAS

LÍNEAS DE COSTA DE INMERSIÓN

Fiordo (valle glacial sumergido)

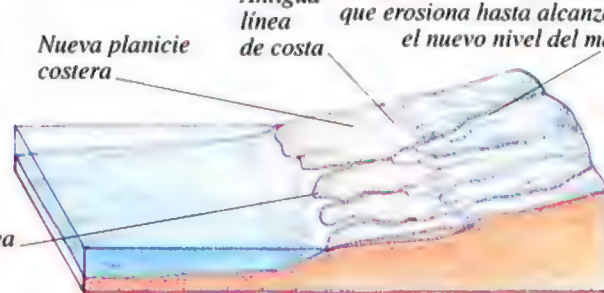
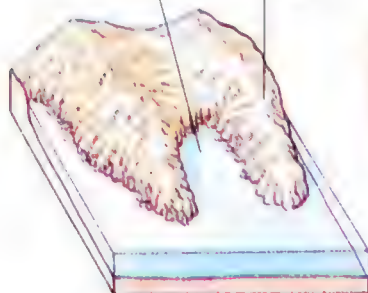
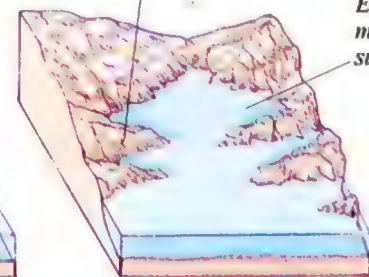
Cordillera montañosa angular

Cordillera montañosa paralela a la costa

Estrecho marino (valle sumergido)

LÍNEA DE COSTA DÁLMATA/PACÍFICA

LÍNEA DE COSTA DE UN FIORDO

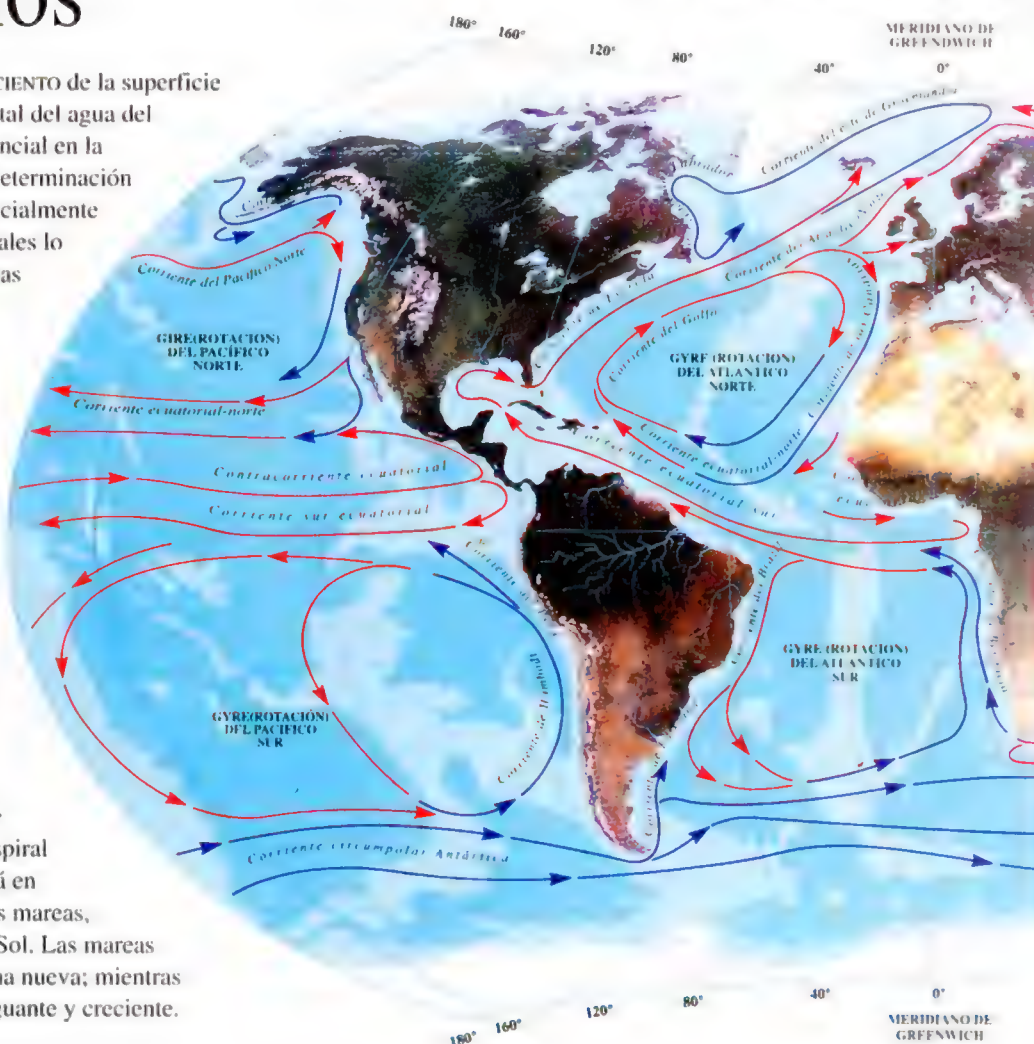


Mares y océanos

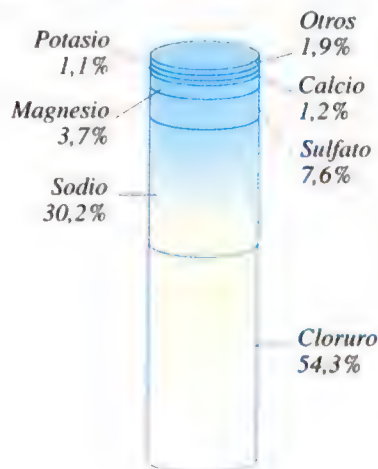
LOS MARES Y OCÉANOS CUBREN CERCA DEL 70 POR CIENTO de la superficie terrestre, conteniendo cerca del 97 por ciento del total del agua del planeta. Estos océanos y mares juegan un papel esencial en la regulación de las temperaturas y en la variación y determinación del clima. Sus aguas absorben el calor del Sol, especialmente en las regiones tropicales y las co-rrientes superficiales lo distribuyen alrededor del globo, calentando las masas superiores de aire y tierras vecinas en invierno y enfriándolas en verano. Los océanos nunca están en calma. Diferencias de salinidad y temperatura originan un sistema de corrientes profundas, mientras las superficiales son generadas por la acción de los vientos que soplan sobre el océano. Todas las corrientes son desviadas como resultado de la rotación de la Tierra, hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur. Este factor de desviación se conoce como fuerza de Coriolis.

Una corriente originada en la superficie es inmediatamente desviada, a la vez que provoca otra corriente en la capa de agua inmediatamente inferior, la que también es desviada. A medida que el movimiento se transmite hacia abajo, las sucesivas desviaciones forman la espiral de Ekman. El agua de mares y océanos también está en movimiento debido al continuo flujo y reflujo de las mareas, causado por la fuerza gravitacional de la Luna y el Sol. Las mareas altas (vivas) se originan cuando hay luna llena y luna nueva; mientras que las más bajas (muertas) ocurren en cuarto menguante y creciente.

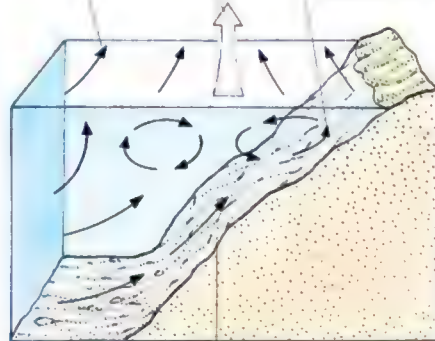
CORRIENTES SUPERFICIALES



CONTENIDO SALINO DEL AGUA DEL MAR

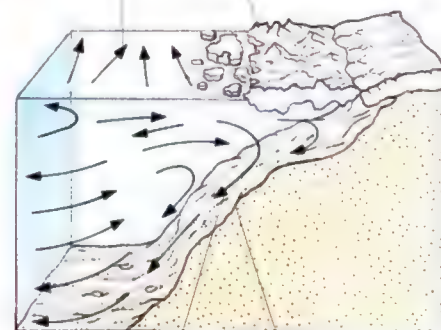


El viento arrastra el agua en dirección paralela a la costa. La corriente marina emergente de agua fría reemplaza al agua caliente de la superficie.



CORRIENTE MARINA EMERGENTE DE AGUA FRÍA (HEMISFERIO SUR)

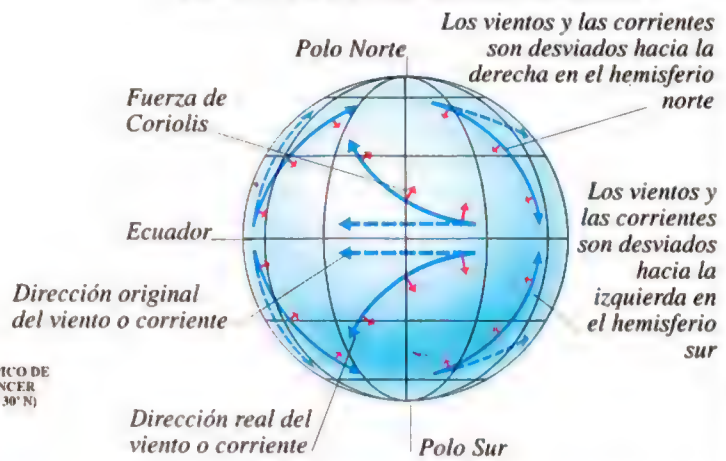
La formación de hielo flotante incrementa la salinidad y densidad del agua.



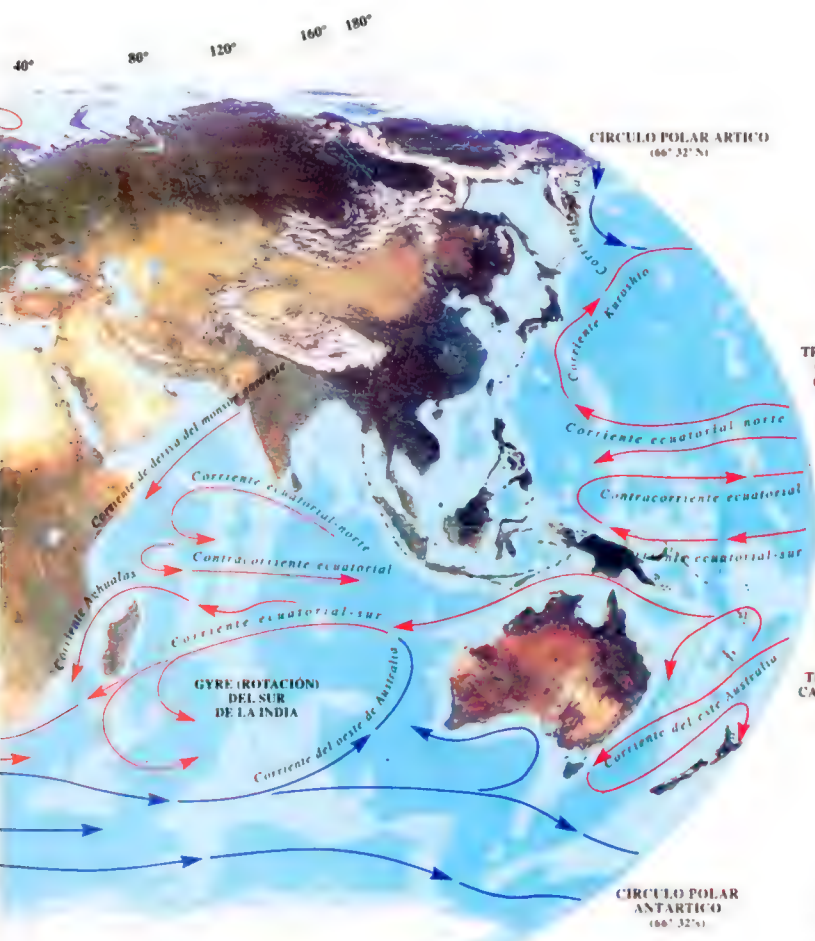
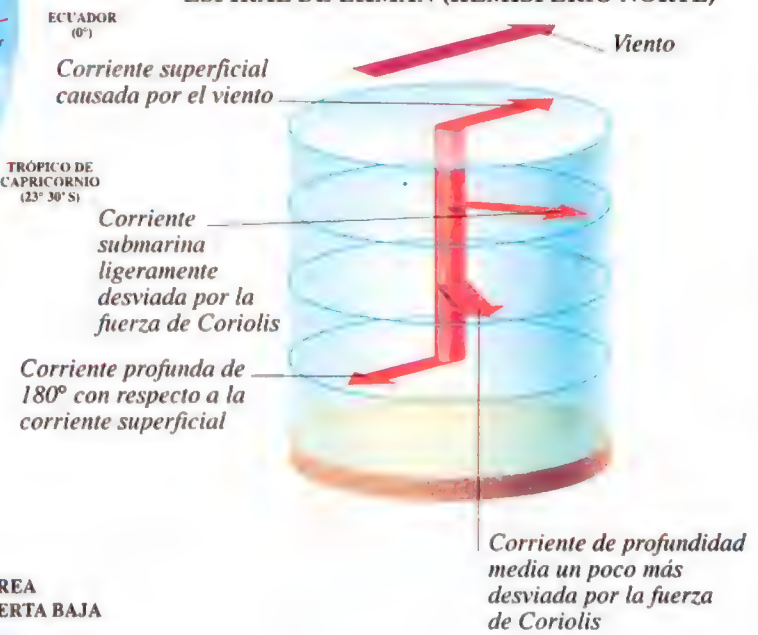
El agua fría y densa se va hundiendo

AGUA DEL FONDO POLAR

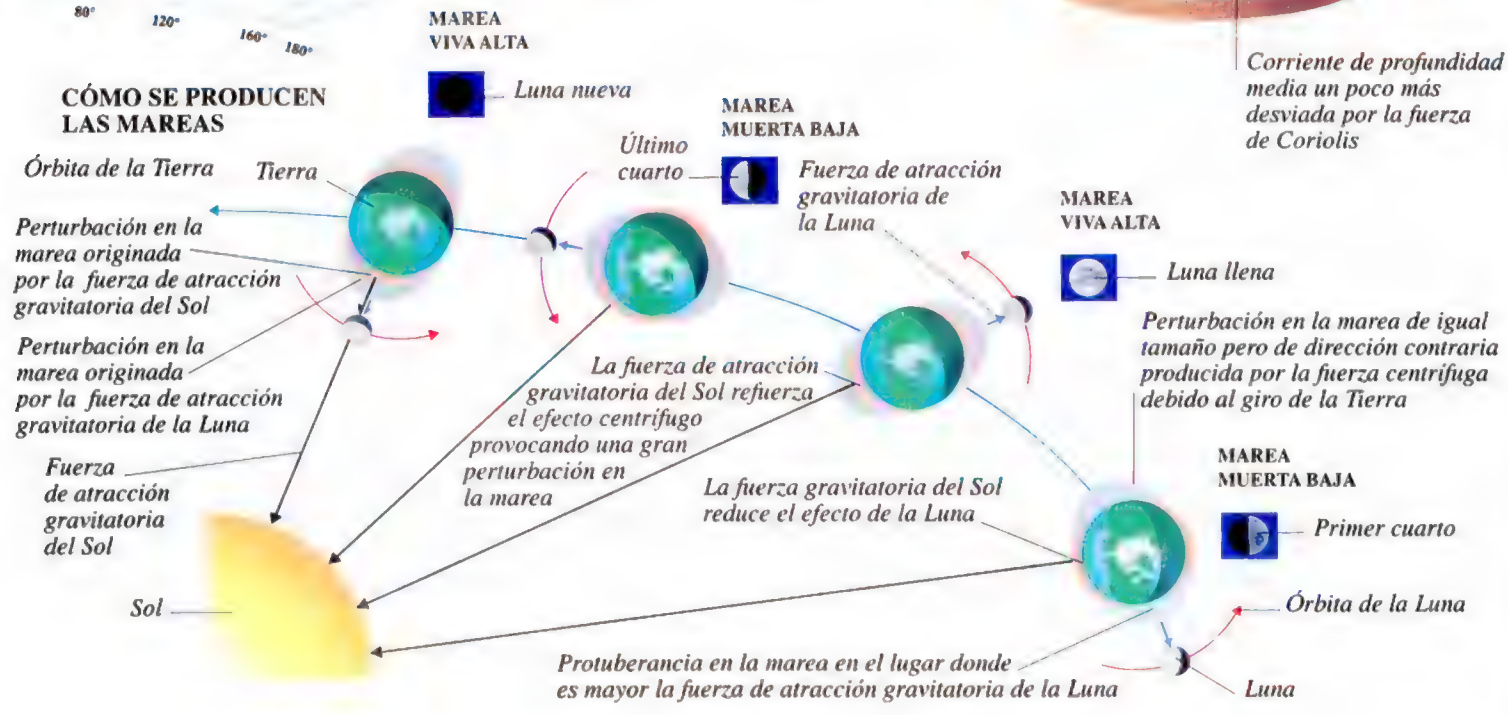
EFFECTO DE LA FUERZA DE CORIOLIS



ESPIRAL DE EKMAN (HEMISFERIO NORTE)



CÓMO SE PRODUCEN LAS MAREAS



El fondo oceánico

EL FONDO OCEÁNICO COMPRENDE DOS SECCIONES: la plataforma el talud continental y el fondo oceánico profundo. La plataforma y el talud continental forman parte de la corteza continental que se interna bastante más bajo el océano. Incliniéndose suavemente hasta una profundidad cercana a los 140 metros, la plataforma continental está cubierta de depósitos de arena formada por olas y marejadas. Al borde de la plataforma continental el fondo marino desciende bruscamente hacia la llanura abisal, situada a una profundidad promedio de 3 mil 800 metros. En este profundo fondo oceánico existen capas de sedimentos formados por arcillas, materias de desecho y restos de pequeños organismos marinos y ocasionalmente ricos depósitos minerales. Sondeos acústicos y remotos realizados desde los satélites han revelado que la planicie abisal está dividida por un sistema de cordilleras mucho más alta que cualquiera de las que existen en la Tierra, denominada dorsal oceánica. Allí el magma (rocas fundidas) emerge desde el interior de la Tierra y se solidifica, ampliando el fondo oceánico. A medida que el suelo oceánico se expande los volcanes que se habían formado sobre los puntos calientes de la corteza se alejan de su fuente de magma, se extinguen y progresivamente se hunden y erosionan. Los volcanes erosionados bajo el nivel del mar quedan como montes submarinos. Los que sobresalen de la superficie en las aguas cálidas, a menudo se rodean de una franja de arrecifes de coral, que se convierte en atolón cuando el volcán se sumerge.

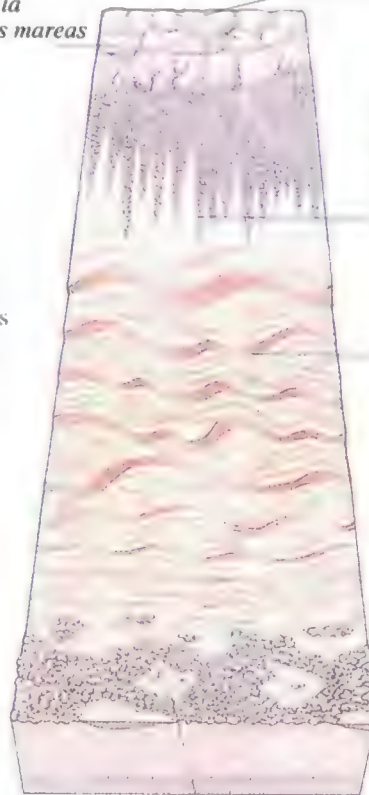
FONDO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Roca firme
aflorada por la
erosión de las mareas

Línea de marea baja

Bandas paralelas
de material grueso
dejado por
corrientes de
mareas vivas

Arena
depositada
en líneas
onduladas por
corrientes
más débiles



EL FONDO OCEÁNICO

Sedimentos

Cañón
submarino

Plataforma
continental

Curso del
rio de lodo

Pendiente
continental

Áreas irregulares de arena
fina depositadas por las
más débiles corrientes

Talud continental

Guyot (monte
submarino
tronco-cónico)

Monte
submarino

Llanura
abisal

Corteza
continental

Lodo (sedimentos
formados por restos de
pequeñas criaturas marinas)

Estrato
de roca
volcánica

Lava
almohadillada

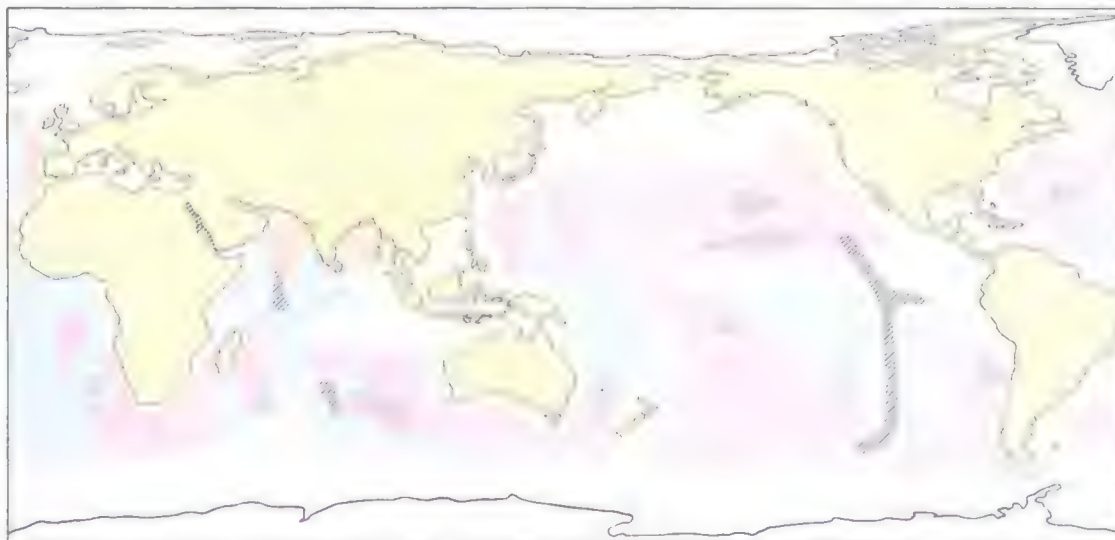
Roca
cristalina de
origen volcánico

Corteza
oceánica

CLAVE

SEDIMENTOS DEL FONDO PROFUNDO DEL OCEANO

- ☐ Lodo calcáreo
- ☐ Arcilla pelágica
- ☐ Sedimentos glaciáricos
- ☐ Fangos silíceos
- ☐ Sedimentos terrígenos
- ☐ Sedimentos del margen continental
- ☒ Lodos metalíferos
- ☐ Principales campos de nódulos

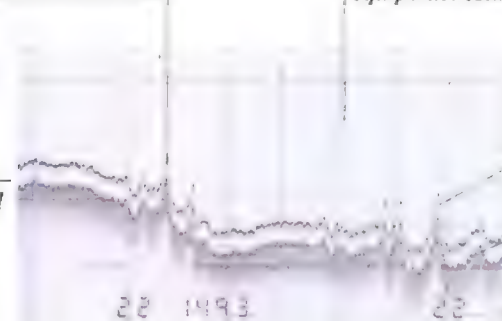


PERFIL DE UN SONDEO ACÚSTICO (ECÓICO) DEL FONDO OCEÁNICO

La marca de suceso indica la sincronización con el equipo del estudio de campo

Ondulación de la arena

Oscilaciones de menor tamaño causadas por el movimiento del barco



Dorsal oceánica

Velocidad del sonido en el agua (1.493 m/seg.)

Código de referencia

Fosa oceánica

Magma (roca fundida)

Sedimentos

DESARROLLO DE UN ATOLÓN

Isla volcánica

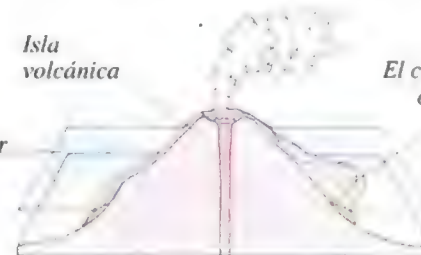
El coral crece en la línea de costa

Nivel del mar

Ondulación de la arena

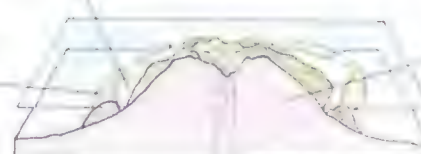
Perfil del fondo marino

El coral continúa creciendo y forma una barrera de arrecifes



ARRECIFE COSTERO

La isla volcánica erosionada se va hundiendo



El coral continúa creciendo en el lugar donde las olas le llevan alimentos

BARRERA DE ARRECIFES

Laguna

Coral muerto

La isla volcánica se sumerge

ATOLÓN

Coral sumergido a una profundidad a la que le es imposible crecer

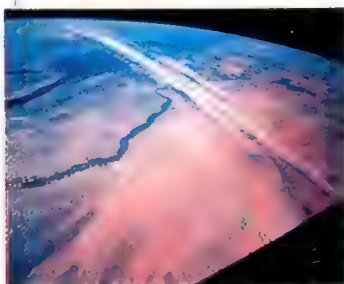


La isla volcánica se sumerge más profundamente

ATOLÓN SUMERGIDO

La atmósfera

Exosfera —
(a una altitud
de unos 500 km.)

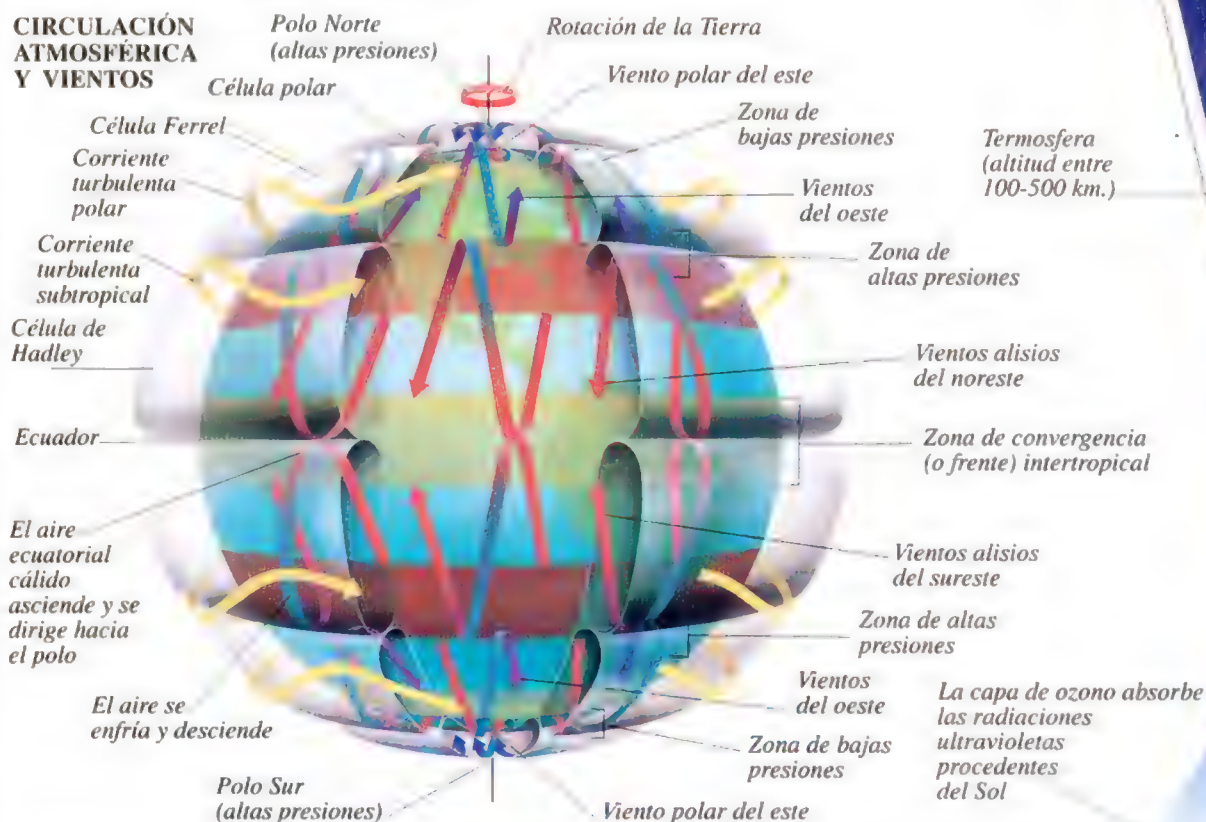


CORRIENTE TURBULENTA

LA TIERRA ESTÁ RODEADA POR LA ATMÓSFERA, que es una capa de gases que permite la existencia de la vida sobre el planeta. Esta capa no tiene un límite superior claramente determinado, sino que comienza a adelgazarse gradualmente mientras va siendo absorbida por el espacio exterior; salvo el 80 % de los gases de la atmósfera, retenidos por la gravedad dentro de una altura cercana a los 20 kilómetros, a partir de la superficie de la Tierra. La atmósfera bloquea muchas de las peligrosas radiaciones solares ultravioleta y aísla a la Tierra de las temperaturas extremas restringiendo tanto la entrada de las radiaciones solares como el escape del calor reflejado hacia el espacio. Este equilibrio natural puede ser alterado por el efecto invernadero, por el que gases como el

anhídrido carbónico se concentran en la atmósfera atrapando más calor. Cerca de la superficie de la Tierra las diferencias entre la temperatura y la presión originan la circulación del aire desde el ecuador a los polos. Esta circulación, junto a la fuerza de Coriolis origina vientos predominantes en la superficie y las corrientes en chorro de los altos niveles.

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y VIENTOS



FORMACIÓN DE LAS ONDAS ROSSBY EN LA CORRIENTE TURBULENTA DEL FRENTE POLAR

La Gran Onda Rossby se desarrolla en el frente polar

Aire frío

Onda Rossby un poco más pronunciada

Onda Rossby totalmente desarrollada

Mesosfera (altitud entre 50-100 km.)

Aire cálido

ONDULACIÓN INICIAL

FASE MEDIA

ONDA DESARROLLADA

Estratosfera (altitud entre 10-50 km.)

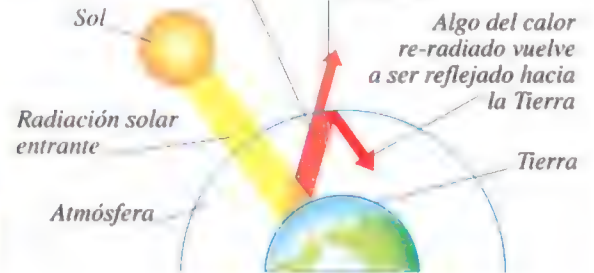
Troposfera (altitud de unos 10 km.)

ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA

CALENTAMIENTO DEL GLOBO

La radiación solar es re-radiada en forma de calor

Algo de calor re-radiado se escapa al espacio



EFFECTO INVERNADERO MODERADO DE FORMA NATURAL

El meteoro (estrella fugaz) entra en combustión cuando atraviesa la atmósfera

Un poco de calor re-radiado escapa al espacio

Radiación solar re-radiada en forma de calor

La mayoría del calor re-radiado vuelve a ser reflejado hacia la Tierra

Aurora polar

Los «gases invernadero» se acumulan en la atmósfera

La temperatura de la superficie aumenta



EFFECTO INVERNADERO DESEQUILIBRADO

Llegada de radiación solar

El 14% de la radiación solar entrante es absorbida por la atmósfera

El 7% de la radiación solar entrante es reflejada por la atmósfera

El 24% de la radiación solar entrante es reflejada por las nubes

Los rayos cósmicos (partículas con gran energía procedentes del espacio) penetran en la estratosfera

Algo del calor absorbido es vuelto a radiar por la atmósfera

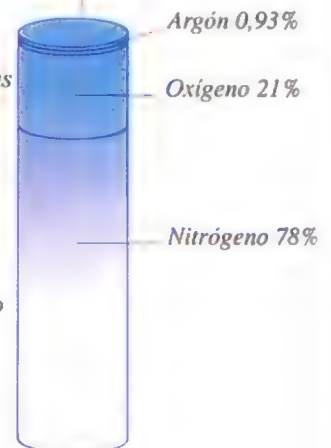
El 4% de la radiación solar entrante es reflejado por los océanos y las tierras

El 51% de la radiación solar entrante es absorbido por la superficie de la Tierra

Algo del calor absorbido es vuelto a radiar por las nubes

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA INFERIOR

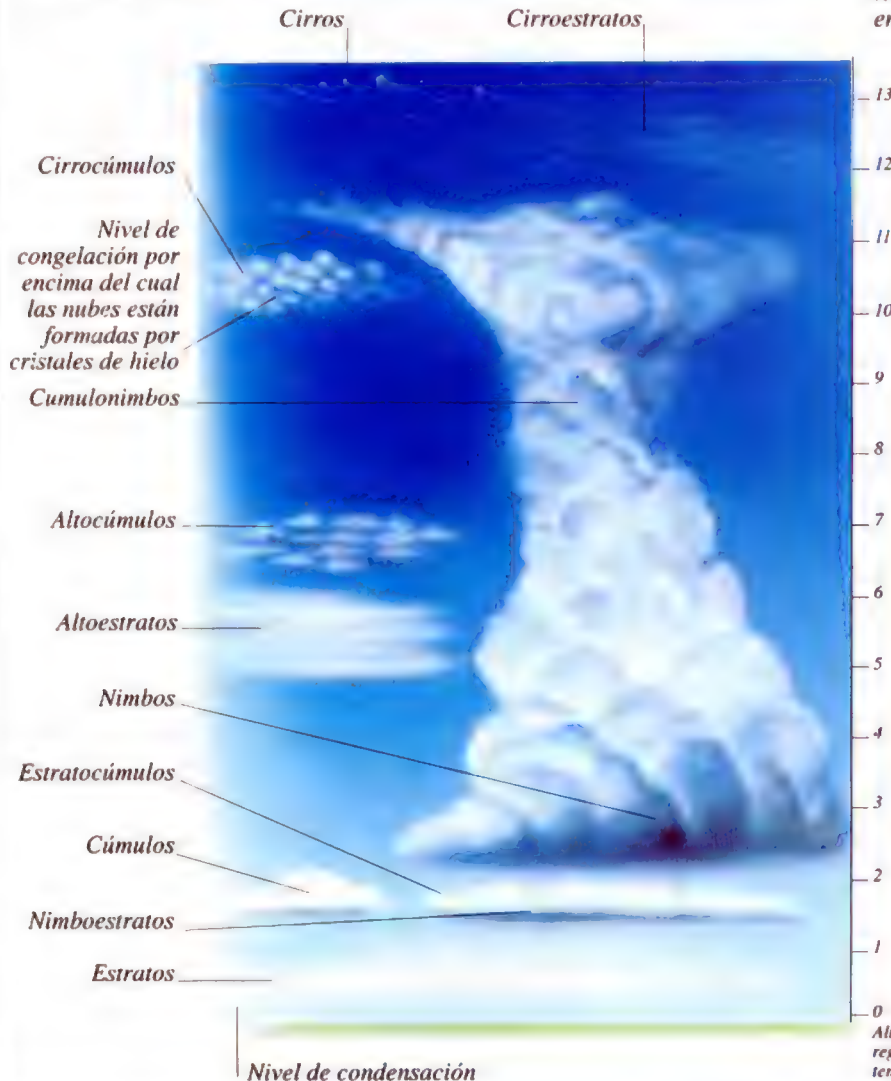
Otros elementos, menos de un 0,1%



El tiempo meteorológico

EL TIEMPO METEOROLÓGICO ES DEFINIDO COMO LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS en un determinado momento y lugar; el clima son las condiciones meteorológicas medias para una región determinada en el transcurso del tiempo. El tiempo meteorológico es determinado desde el punto de vista de temperatura, viento, nubosidad y precipitaciones tales como nieve y lluvia. El buen tiempo se asocia a zonas de altas presiones, donde el aire va descendiendo. El tiempo húmedo, nublado y variable es común en zonas de bajas presiones con aire ascendente e inestable. Tales condiciones se originan en latitudes templadas, donde el aire caliente se encuentra con el frío a lo largo de los frentes polares. Aquí se forman a menudo células de bajas presiones en forma de espiral, conocidas como depresiones atmosféricas (ciclones de latitud media). Una depresión atmosférica contiene generalmente un sector de aire más caliente, que comienza en un frente cálido y termina en uno frío. Si los dos frentes se unen, forman un frente ocluido y el aire caliente se eleva. El huracán (también llamado tifón o ciclón tropical) es la forma extrema de una célula de bajas presiones, que lleva consigo lluvias torrenciales y vientos excepcionalmente violentos.

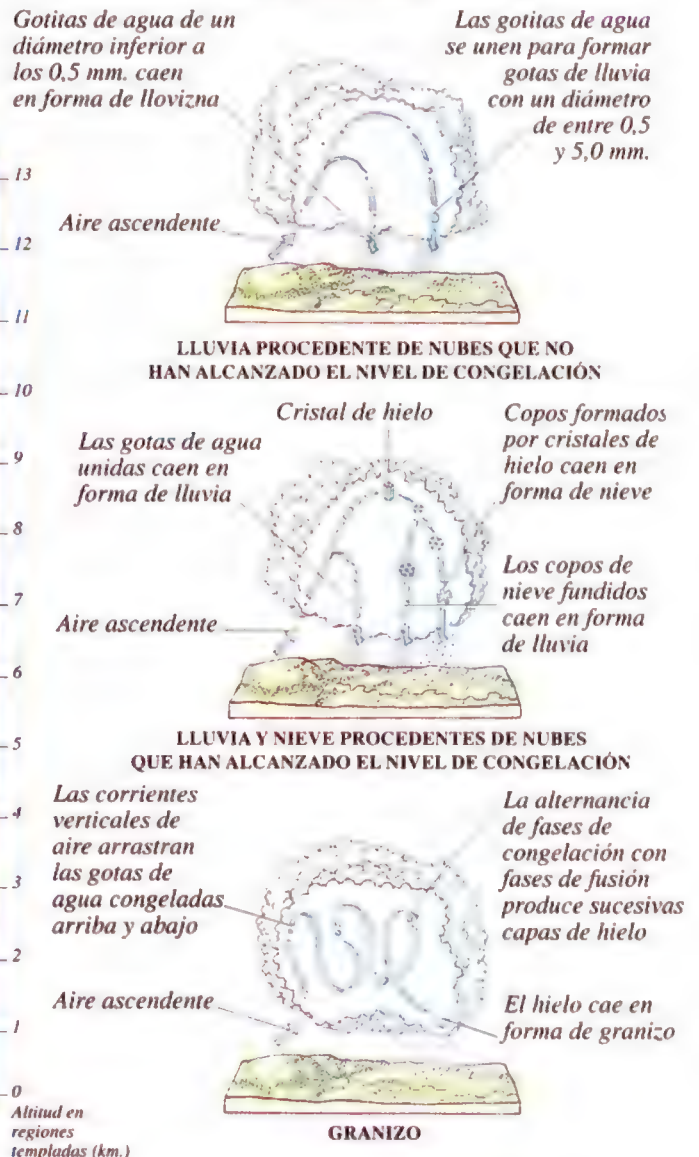
TIPOS DE NUBES



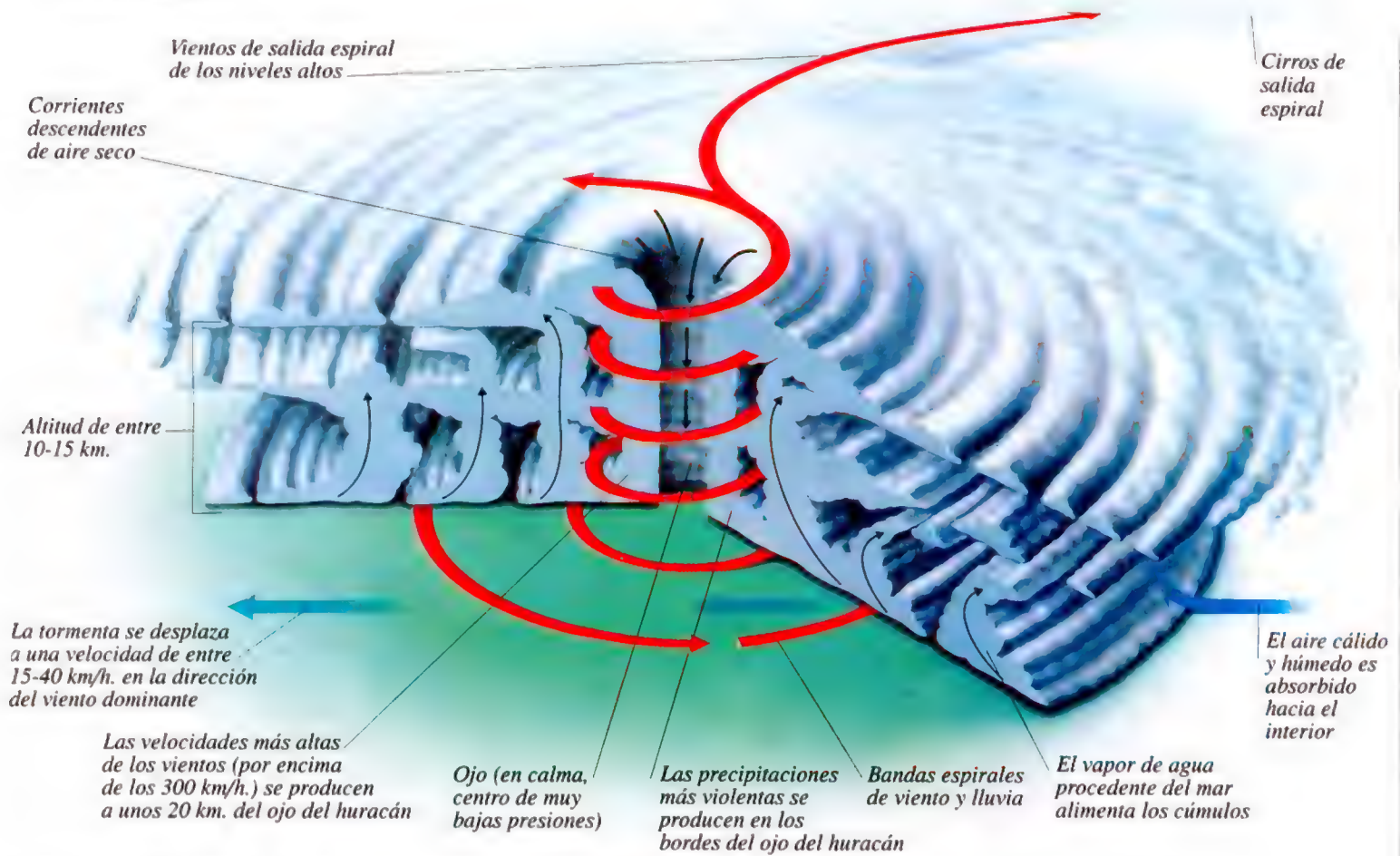
CLASES DE FRENTES OCLUIDOS



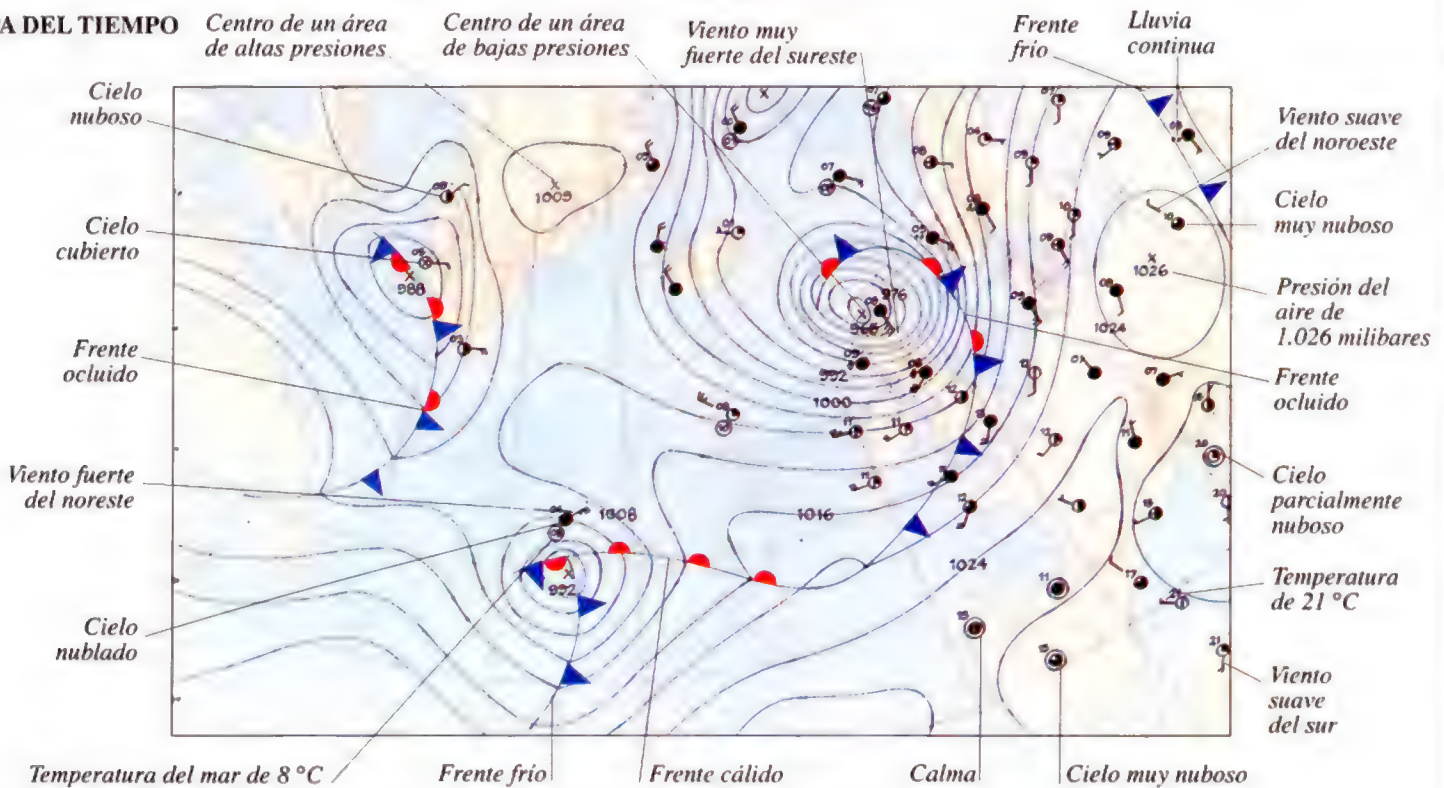
FORMAS DE PRECIPITACIÓN



UN HURACÁN



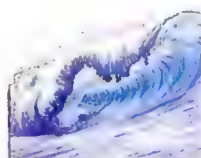
MAPA DEL TIEMPO



Datos sobre la Tierra

PERFIL DE LA TIERRA

Distancia media del Sol (km)	149.600.000
Distancia máxima del Sol (km)	152.100.000
Distancia mínima del Sol (km)	147.100.000
Duración de un año (días)	365,26
Duración de un día (horas)	23,93
Campo de variación de la temperatura en la superficie (°C)	-83,3 a 58,0
Masa (millón de billones de toneladas)	5.976
Volumen (km ³)	1.083.230.000.000
Inclinación axial (grados)	23,5
Peso específico (agua = 1)	5,52
Diámetro polar (km)	12.714
Diámetro ecuatorial (km)	12.756
Circunferencia polar (km)	40.008
Circunferencia ecuatorial	40.075
Superficie total (km ²)	510.000.000
Superficie de tierra firme (km ²)	149.000.000
Tierra firme, % en el total de la superficie	29,2
Superficie de agua (km ²)	361.000.000
Agua, % total de la superficie	70,8
Punto más alto en tierra firme (m)	8.848
Punto más bajo en tierra firme (m por debajo del nivel del mar)	400
Altitud media de la tierra firme (m)	840
Profundidad oceánica mayor (m)	10.924
Profundidad oceánica media (m)	3.808
Espesor de la corteza oceánica (km)	6
Espesor de la corteza continental (km)	40
Espesor del manto (km)	2.800
Espesor del núcleo externo (km)	2.300
Espesor del núcleo interno (km)	2.400
Edad aproximada de la Tierra (millones de años)	4.600

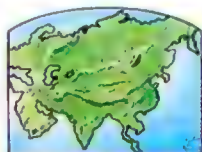


MARES Y OCEANOS

Nombre	Superficie (km ²)	Profundidad media (m)
Océano Pacífico	116.229.000	4.028
Océano Atlántico	86.551.000	3.926
Océano Índico	73.422.000	3.963
Océano Ártico	13.223.000	1.205
Mar del sur de China	2.975.000	1.652
Mar Caribe	2.516.000	2.467
Mar Mediterráneo	2.509.000	1.429
Mar de Bering	2.261.000	1.547
Golfo de México	1.508.000	1.486
Mar de Okhotsk	1.392.000	840
Mar de Japón	1.013.000	1.370
Bahía de Hudson	730.000	120
Mar del este de China	665.000	180
Mar Negro	508.000	1.100
Mar Rojo	453.000	490
Mar del Norte	427.000	90

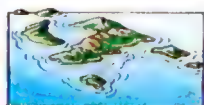
LOS MÁS GRANDES Y PROFUNDOS

FOSAS	Longitud (km)	Punto más profundo	Profundidad (m)
Fosa de las Marianas (Pacífico oeste)	2.250	Challenger	10.924
Fosa Tonga-Kermadec (Pacífico sur)	2.575	Vityaz II (Tonga)	10.800
Fosa Kuril-Kamchatka (Pacífico oeste)	2.250	Sin nombre	10.542
Fosa de Filipinas (Pacífico oeste)	1.325	Galathea	10.539
Fosa Solomon/Nueva Bretaña (Pacífico sur)	640	Sin nombre	8.940
Fosa de Puerto Rico (Atlántico oeste)	800	Milwaukee	8.605
Fosa de Yap (Pacífico oeste)	560	Sin nombre	8.527
Fosa de Japón (Pacífico oeste)	1.600	Sin nombre	8.412
Fosa Sur Sandwich (Atlántico sur)	965	Meteoro	8.325



CONTINENTES

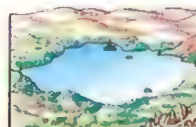
Nombre	Área (km ²)	% de superficie total	% de tierra firme	Punto más alto	Altitud (m)	Punto más bajo	Bajo el nivel del mar (m)
Asia	44.000.000	8,6	29,5	Everest, Mt.	8.848	Mar Muerto	400
África	30.000.000	5,9	20,1	Kilimanjaro	5.895	Lago Assale	156
América del N.	24.000.000	4,7	16,1	Denali (McKinley, Mt)	6.194	Death Valley	86
América del S.	18.000.000	3,5	12,1	Aconcagua	6.960	Peninsular Valdez	40
Antártida	14.000.000	2,7	9,4	Macizo Vinson	5.140	Fosa Subglaciar de Bently	2.538
Europa	10.000.000	2,0	6,7	El'brus	5.642	Mar Caspio	28
Oceania	9.000.000	1,8	6,1	Wilhelm, Mt	4.884	Lago Eyre	16



ISLAS

Nombre	Área (km ²)
Groenlandia	2.175.219
Nueva Guinea	792.493
Borneo	725.416
Madagascar	587.009
Isla Baffin (Canadá)	507.423
Sumatra	427.325
Honshu (Japón)	227.401
Gran Bretaña	218.065
Isla Victoria (Canadá)	217.278
Isla Ellesmere (Canadá)	196.225

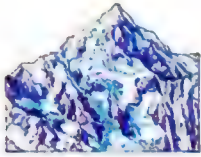
LAS MAYORES



LAGOS Y MARES INTERIORES

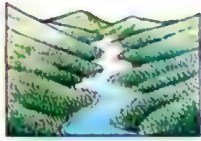
Nombre	Superficie (km ²)
Mar Caspio (Asia/Europa)	370.980
Lago Superior (Norteamérica)	82.098
Lago Victoria (África)	69.480
Mar de Aral (Asia)	64.498
Lago Hurón (Norteamérica)	59.566
Lago Michigan (Norteamérica)	57.754
Lago Tanganika (África)	32.891
Lago Baikal (Asia)	31.498
Lago Oso Grande (Norteamérica)	31.197
Lago Nyasa (África)	28.877

LOS MAYORES



MONTAÑAS

	Nombre	Altitud (m)
LAS MÁS ALTAS	Everest (Tíbet/Nepal)	8.848
	K2 (Pakistán/Tíbet)	8.611
	Kangchenjunga (India/Nepal)	8.598
	Makalu (Tíbet/Nepal)	8.480
	Cho Oyu (Tíbet/Nepal)	8.201
	Dhaulagiri (Nepal)	8.172
	Nanga Parbat (India)	8.126
	Annapurna (Nepal)	8.078
	Gasherbrum (India)	8.068
	Xixabangma Feng (Tíbet)	8.013



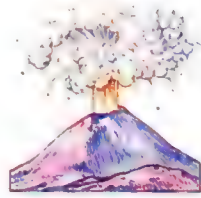
RÍOS

	Nombre	Longitud (km)
LAS MÁS LARGOS	Río Nilo (África)	6.695
	Río Amazonas (Suramérica)	6.437
	Río Yangtze/Chang Jiang (Asia)	6.379
	Río Mississippi-Missouri (Norteamérica)	6.264
	Río Ob-Irtysh (Asia)	5.411
	Río Amarillo/Huang He (Asia)	4.672
	Río Congo/Zaire (África)	4.667
	Río Amur (Asia)	4.416
	Río Lena (Asia)	4.400
	Río Mackenzie-Peace (Norteamérica)	4.241



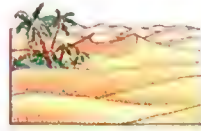
CATARATAS

	Nombre	Altitud (m)
LAS DE SALTO MÁS ELEVADO	Cataratas del Ángel (Venezuela)	979
	Cataratas Tugela (Sudáfrica)	853
	Utgard (Noruega)	800
	Mongefossen (Noruega)	774
	Cataratas Yosemite (EEUU)	739
	Mardalsfossen (Noruega)	655
	Cataratas Cuquenán (Venezuela)	610
	Cataratas Sutherland (Nueva Zelanda)	580
	Cataratas Ribbon (EEUU)	491
	Gavarnic (Francia)	422
	Nombre	Volumen (m³/seg)
LAS DE MAYOR VOLUMEN	Cataratas Boyoma (Zaire)	17.000
	Cataratas Khone (Laos)	11.500
	Cataratas del Niágara (Canadá/EEUU)	6.000
	Cataratas Paulo Afonso (Brasil)	2.800
	Cataratas de Urubupunga (Brasil)	2.700
	Cataratas de Iguazú (Brasil/Paraguay)	1.700
	Cataratas de Patos-Maribondo (Brasil)	1.500
	Cataratas Victoria (Zimbabue)	1.100
	Cataratas Churchill (Canadá)	1.000



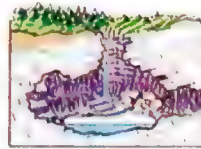
VOLCANES ACTIVOS

	Nombre	Altitud (m)
LOS MÁS ALTOS	Guallatiri (Chile)	6.060
	Lascar (Chile)	5.990
	Cotopaxi (Ecuador)	5.897
	Tupungatito (Chile)	5.640
	Ruiz (Colombia)	5.400
	Sangay (Ecuador)	5.230
	Purace (Colombia)	4.755
	Klyuchevskaya Sopka (Rusia)	4.750
	Colima (México)	4.268
	Galeras (Colombia)	4.266



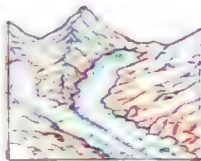
DESIERTOS

	Nombre	Superficie (km²)
LOS MÁS EXTENSOS	Sáhara (África)	8.800.000
	Desierto del Gobi (Asia)	1.300.000
	Desierto de Australia (Oceanía)	1.250.000
	Desierto de Arabia (Asia)	850.000
	Desierto de Kalahari (África)	580.000
	Desierto de Chihuahua (Norteamérica)	370.000
	Desierto de Takla Makan (Asia)	320.000
	Kara Kum (Asia)	310.000
	Desierto de Namibia (África)	310.000
	Desierto del Thar (Asia)	260.000



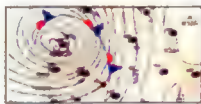
CUEVAS

	Nombre	Profundidad (m)
LAS MÁS PROFUNDAS	Reseau Jean Bernard (Francia)	1.602
	Shakta Pantjikhina (Georgia)	1.508
	Lamrechtsofen (Austria)	1.485
	Sistema del Trave (España)	1.441
	Boj Bulok (Uzbekistan)	1.415
	Nombre	Longitud (km)
LOS SISTEMAS MÁS LARGOS	Sistema de Cuevas de Mammoth (EEUU)	560
	Optimisticheskaya (Ucrania)	183
	Höllloch (Suiza)	137
	Cueva de Jewel (EEUU)	127
	Ozemaya (Ucrania)	107



GLACIARES

	Nombre	Extensión (km)
LOS MÁS LARGOS	Pasadizo de Hielo Lambert-Fisher (Antártida)	515
	Novaya Zemlya (Rusia)	418
	Pasadizo de Hielo del Instituto Ártico (Antártida)	362
	Pasadizo de Hielo Nimrod-Lennox-King (Antártida)	289
	Glaciar Denman (Antártida)	241
	Glaciar Beardmore (Antártida)	225
	Glaciar Recovery (Antártida)	225
	Helero Petermanns (Groenlandia)	200
	Glaciar Anónimo (Antártida)	193
	Glaciar Slessor (Antártida)	185



TIEMPO METEOROLÓGICO

Registros

Temperatura más alta registrada:
58 °C en Al'Aziziyah, Libia, el 13 de Septiembre de 1992.

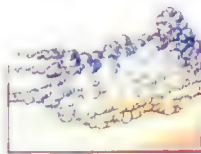
Temperatura más baja registrada:
-88,3 °C en Vostok, Antártida, el 24 de Agosto de 1960.

Pluviometría media más alta al año:
11.455 mm. en Wai'ale'ale Mt., Hawaii.

Pluviometría más alta registrada en cualquier año:
26.461 mm. en Cherrapunji, India, en 1860-61.

Lugar con más viento:
Bahía Commonwealth, Antártida, donde cada año soplan vientos de más de 320 km/h.

Velocidad del viento más alta registrada:
371 km/h. en Washington Mt., EEUU, en 1934.



VELOCIDAD DEL VIENTO

N.º	Descripción	Velocidad (km/h)	Características
0	Calma	Menos de 1	El humo asciende verticalmente.
1	Ventolina	1-5	El humo es movido con el viento.
2	Viento flojillo	6-12	Susurro de hojas.
3	Brisa débil	13-20	Mueve una bandera ligera.
4	Viento bonancible	21-29	Eleva polvo y papeles sueltos.
5	Viento fresquito	30-39	Pequeños árboles empiezan a balancearse.
6	Viento fresco	40-50	Mueve grandes ramas.
7	Viento frescachón	51-61	Mueve todo el árbol.
8	Temporal	62-74	Parte pequeñas ramas de árboles.
9	Viento duro	75-87	Se producen daños estructurales.
10	Tempestad	88-102	Arranca árboles de raíz.
11	Tempestad violenta	103-120	Daños generales.
12-17	Huracán	Más de 120	Extremadamente violento.



TERREMOTOS

ESCALA DE RICHTER

Magnitud	Efectos probables
1	Sólo se detectan con instrumentos.
2-2,5	Apenas detectable incluso cerca del epicentro.
4-5	Detectable dentro de un radio de 32 km. desde el epicentro; puede causar pequeños daños.
6	Moderadamente destructivo.
7	Un fuerte terremoto.
8-9	Un terremoto muy destructivo.

ELEMENTOS QUÍMICOS

Ac	Actinio	Mn	Manganeso
Ag	Plata	Mo	Molibdeno
Al	Aluminio	N	Nitrógeno
Am	Americio	Na	Sodio
Ar	Argón	Nb	Niobio
As	Arsénico	Nd	Neodimio
At	Astato	Ne	Neón
Au	Oro	Ni	Níquel
B	Boro	No	Nobelio
Ba	Bario	Np	Neptunio
Be	Berilio	O	Oxígeno
Bi	Bismuto	Os	Osmio
Bk	Berquelio	P	Fósforo
Br	Bromo	Pa	Protactinio
C	Carbono	Pb	Plomo
Ca	Calcio	Pd	Paladio
Cd	Cadmio	Pm	Promecio
Ce	Cerio	Po	Polonio
Cf	Californio	Pr	Praseodimio
Cl	Cloro	Pt	Platino
Cm	Curio	Pu	Plutonio
Co	Cobalto	Ra	Radio
Cr	Cromo	Rb	Rubidio
Cs	Cesio	Re	Renio
Cu	Cobre	Rf-Ku	Rutherfordio-Kurchatovio
Dy	Disprobio	Rh	Rodio
Er	Erbio	Rn	Radon
Es	Einsteinio	Ru	Rutenio
Eu	Europio	S	Azufre
F	Flúor	Sb	Antimonio
Fe	Hierro	Sc	Escandio
Fm	Fermio	Se	Selenio
Fr	Francio	Si	Silicio
Ga	Galio	Sm	Samario
Gd	Gadolinio	Sn	Estañio
Ge	Germanio	Sr	Estroncio
H	Hidrógeno	Ta	Tantalio
Ha	Hanio	Tb	Terbio
He	Helio	Tc	Tecnecio
Hf	Hafnio	Te	Teluro
Hg	Mercurio	Th	Torio
Ho	Holmio	Ti	Titanio
I	Yodo	Tl	Talio
In	Indio	Tm	Tulio
Ir	Iridio	U	Uranio
K	Potasio	V	Vanadio
Kr	Kriptón	W	Wolframio
La	Lantano	Xe	Xenón
Li	Litio	Y	Itrio
Lr	Lawrencio	Yb	Iterbio
Lu	Lutecio	Zn	Cinc
Md	Mendelevio	Zr	Circonio
Mg	Magnesio		

- Metales alcalino-térreos
- Metales alcalinos
- Otros metales
- Metales de transición
- El hidrógeno es un gas con propiedades únicas y por eso se le coloca en un grupo aparte
- Serie Lantánida
- Serie Actínida
- No-metales
- Gases nobles

Glosario

ACUÍFERO: Estrato de roca permeable saturada de agua que se encuentra situado horizontalmente encima de un estrato de roca impermeable. Puede ser una fuente de agua para pozos y manantiales.

AGUA SUBTERRÁNEA: Agua acumulada bajo la superficie terrestre.

ASTENOSFERA: Capa parcialmente fundida del manto situada por debajo de la litosfera (ver también Litosfera y Manto).

ATMÓSFERA: Capa de gas que rodea la Tierra. Se encuentra dividida en (de abajo a arriba): troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera y exosfera.

BATOLITO: Intrusión ígnea, en cupula y de gran tamaño compuesta de roca granítica.

CALDERA: Depresión volcánica en forma de cuenca que se produce, generalmente, tras la erupción y/o hundimiento de un volcán.

CICLO DE LA ROCA: Ciclo continuo por el cual las rocas viejas se transforman en nuevas.

CICLO HIDROLÓGICO: Procesos por los cuales el agua va circulando entre la tierra, los océanos y la atmósfera. Un nombre alternativo es el ciclo del agua.

CLIMA: Condiciones meteorológicas medias de una determinada región en el transcurso de un largo periodo de tiempo (ver también Tiempo meteorológico).

CORRIENTE LITORAL: Movimiento de arena y pequeñas rocas a lo largo de la costa marina producido por la acción de las olas.

CORTEZA: Capa exterior de la Tierra que se encuentra situada por encima del manto. Hay dos tipos principales de corteza: la continental y la oceánica.

CRISTAL: Forma geométrica de un mineral, con caras planas formadas de manera natural que reflejan el orden de sus átomos constituyentes.

CUENCA ARTESIANA: Acuífero en el que el agua es almacenada bajo presión entre dos estratos de roca impermeable (ver también Acuífero).

DERIVA CONTINENTAL: Teoría que afirma que los continentes actuales se formaron a raíz de la ruptura y separación de los supercontinentes prehistóricos que se fueron moviendo lentamente a la deriva hasta llegar a sus posiciones actuales (ver también Tectónica de placas).

DESIERTO: Región árida en la cual las precipitaciones son, generalmente, inferiores a 250 mm. por año.

DISCONTINUIDAD DE GUTENBERG: Límite entre el manto y el núcleo externo.

DISCONTINUIDAD DE MOHOROVICIC: Límite entre la corteza y el manto.

DISCORDANCIA: Fallos en la sucesión o secuencia de estratos de roca que representa un periodo en el cual no se han depositado nuevos sedimentos y/o se han erosionado estratos sedimentarios primitivos.

EFFECTO INVERNADERO: Proceso en el cual las radiaciones procedentes del Sol atraviesan la atmósfera, se reflejan y vuelven a ser radiadas por la superficie terrestre y son entonces atrapadas o retenidas por los gases atmosféricos. La acumulación de estos «gases de invernadero», tales como el dióxido de carbono, ha incrementado el efecto, produciendo un calentamiento del globo.

ELEMENTO: Sustancia que no puede dividirse químicamente en otras más simples.

EÓN: División del tiempo geológico que puede dividirse en eras (ver Era).

EPICENTRO: Punto de la superficie terrestre situado directamente encima del foco de un terremoto (ver también Terremoto; Foco).

ÉPOCA: División del tiempo geológico que es una subdivisión del periodo (ver Periodo).

ERA: División del tiempo geológico que es una subdivisión del eón y que puede subdividirse en periodos (ver también Eón; Periodo).

EROSIÓN: Destrucción por desgaste y eliminación de tierra descubierta producida por el agua, el viento y/o el hielo (ver también Meteorización).

ESCALA DE MOHS: Escala mediante la cual se puede medir la dureza relativa de los minerales.

ESPARCIMIENTO DEL FONDO MARINO: Proceso por el cual se crea nueva corteza de fondo marino en forma de dorsales oceánicos en el lugar donde dos placas adyacentes se separan una de otra (ver también Tectónica de placas).

ESTRATO: Lecho o capa de roca (ver también Lecho).

ESTRATOSFERA: Capa de la atmósfera situada por encima de la troposfera y por debajo de la mesosfera (ver también Atmósfera).

EXFOLIACIÓN: Tendencia de un mineral a romperse por planos de debilidad bien definidos.

EXOSFERA: Capa más externa de la atmósfera (ver Atmósfera).

FALLA: Fractura en una roca a lo largo de la cual pueden producirse desplazamientos de uno de los lados con respecto del otro.

FOCO: Punto subterráneo en el cual se origina un terremoto (ver también Terremoto; Epicentro).

FOSA: Valle largo y estrecho del fondo oceánico que se encuentra a lo largo de zonas de subducción (ver también Zona de subducción).

FÓSIL: Restos, huellas o impresiones de animales y plantas que han sido conservados en la roca.

FRACTURA: Tendencia de un mineral o roca a romperse de una forma irregular.

FRENTE: Límite o separación entre dos masas de aire. En un frente cálido el aire

caliente asciende por encima del aire frío; en un frente frío el aire frío desciende por debajo del aire caliente.

FUENTE: Flujo de agua subterránea que emerge de una forma natural hacia la superficie terrestre.

FUERZA DE CORIOLIS: Fuerza originada por el movimiento de rotación de la Tierra. Desvía los vientos y el agua hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur.

GLACIAR: Gran masa de hielo que se forma en tierra firme y se va deslizando pendiente abajo por su propio peso.

GYRE: Rotación circular de las aguas de los mayores océanos y mares producida por los vientos y la fuerza de Coriolis (ver también Fuerza de Coriolis).

HÁBITO: Forma típica que toma un agregado de cristales de un mineral.

LAVA: Magma fundido arrojado hacia la superficie terrestre a través de volcanes o fisuras. Las dos formas más comunes en las que la lava se solidifica se conocen como aa (bloques irregulares y con aristas) y pahoe-hoe (haces en forma de cuerda o cordados).

LECHO: Capa o estrato de rocas (generalmente sedimentarias). Un lecho competente es aquel que tiende a romperse bajo tensión. Un lecho incompetente es el que tiende a curvarse o deformarse bajo tensión.

LITIFICACIÓN: Formación, a partir de sedimentos no consolidados, de rocas mediante procesos de compresión y cementación (ver también Rocas sedimentarias).

LITOSFERA: Comprende la corteza terrestre y la capa más externa del manto.

MAGMA: Roca fundida con origen en el manto y en la corteza terrestre.

MANTO: Capa terrestre situada entre el núcleo externo y la corteza.

MAREA: Regular subida y bajada de la superficie oceánica resultado, principalmente, de las fuerzas gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol.

MESOSFERA: Capa de la atmósfera situada por encima de la estratosfera y por debajo de la termosfera (ver también Atmósfera).

METEORIZACIÓN: Disgregación de las rocas cuando afloran en la superficie terrestre, por procesos físicos (mecánicos) o químicos (ver también Erosión).

MINERAL: Sustancia formada de un modo natural y que posee una composición química característica y unas propiedades físicas específicas.

NIVEL FREÁTICO: Nivel por encima del cual la tierra está permanentemente saturada.

NÚCLEO: Porción central de la Tierra formada por un núcleo interno sólido y un núcleo externo fundido.

OROGÉNESIS: Término utilizado para describir los procesos relacionados con la formación de montañas.

PASTA: Material de grano fino de una roca en el cual están empujados los cristales más grandes o cantos. Matriz es un término alternativo para la pasta.

PERÍODO: División del tiempo geológico que es una subdivisión de la era y que puede subdividirse en épocas (ver también Época, Era).

PIROCLASTO: Roca formada por derrubios procedentes de una erupción volcánica explosiva.

PLIEGUE: Bucle o curva que se produce en un estrato de roca debido a una presión horizontal en la corteza terrestre. Un anticlinal es un pliegue en forma de arco. Un sinclinal es un pliegue en forma de artesa o vaguada.

PRECIPITACIÓN: Todo tipo de partículas de agua que caen desde las nubes: la lluvia, el granizo, el agua-nieve y la nieve.

RAYA: El color del polvo fino que deja un mineral cuando rayamos con el sobre una placa de porcelana blanca porosa.

ROCA: Agregado de minerales. Las rocas se dividen en tres grandes grupos: ígneas, metamórficas y sedimentarias (ver Roca ígnea, Roca metamórfica y Roca sedimentaria).

ROCA ÍGNEA: Roca formada a partir de lava o magma solidificado. Las rocas ígneas intrusivas se forman bajo tierra. Las rocas ígneas extrusivas se forman en la superficie.

ROCA METAMÓRFICA: Roca formada a partir de otras ya existentes que han sido sometidas a un intenso calor y/o presión que han dado como resultado la alteración en su composición química.

ROCA SEDIMENTARIA: Roca formada por la litificación de sedimentos (ver también Litificación).

TECTÓNICA DE PLACAS: Teoría que mantiene que la litosfera terrestre está formada por varias placas semirrígidas que se mueven una con respecto a la otra.

TERMOSEFERA: Capa más alta de la atmósfera (ver también Atmósfera).

TERREMOTO: Ondas de choque que algunas veces causan temblores violentos en la superficie terrestre. En la mayoría de los casos son causados por desplazamientos repentinos de la corteza a lo largo de una falla (ver también Epicentro; Foco).

TIEMPO METEOROLÓGICO: Condiciones atmosféricas en un lugar y tiempo determinado (ver también Clima).

TROPOSEFERA: Capa más baja de la atmósfera (ver también Atmósfera).

VOLCÁN: Grieta o fisura en la corteza terrestre a través de las cuales el magma fundido y los gases calientes son expulsados a la superficie. La mayoría de los volcanes se encuentran situados en los límites de las placas geológicas.

ZONA DE SUBDUCCIÓN: Lugar donde una placa es obligada a pasar por debajo de otra (ver también Tectónica de placas).

ENCICLOPEDIA VISUAL

UNIVERSO

El Universo entre 1.000 y 5.000 millones de años después del Big Bang

Bola de fuego de gas en expansión

El Universo hoy (alrededor de 10.000 ó 20.000 millones de años después del Big Bang)

Protogalaxia

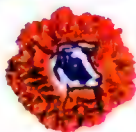
Galaxia elíptica

Galaxia espiral

Cúmulo de galaxias

ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

GLORIA



La calidad que usted conoce

Expreso



DANAFRIA
Cerca de ti

Tanque externo
con hidrógeno
y oxígeno líquidos

Cohete auxiliar de
combustible sólido

Nariz con computador
para datos atmosféricos

Motor de control para
la reacción hacia adelante

Escotilla lateral

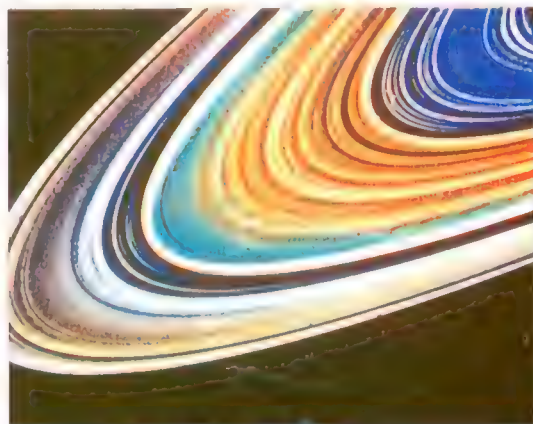
Emisión de ondas
de radio de alta
intensidad

Emisión de ondas
de radio de baja
intensidad

Estabilizador vertical

Motor de
maniobras

TRANSBORDADOR ESPACIAL



LOS ANILLOS DE SATURNO

TRAJE ESPACIAL TIPO VOSTOK

Casco
presurizado

Válvula de
respiración

Traje espacial
de varias capas

Traje externo

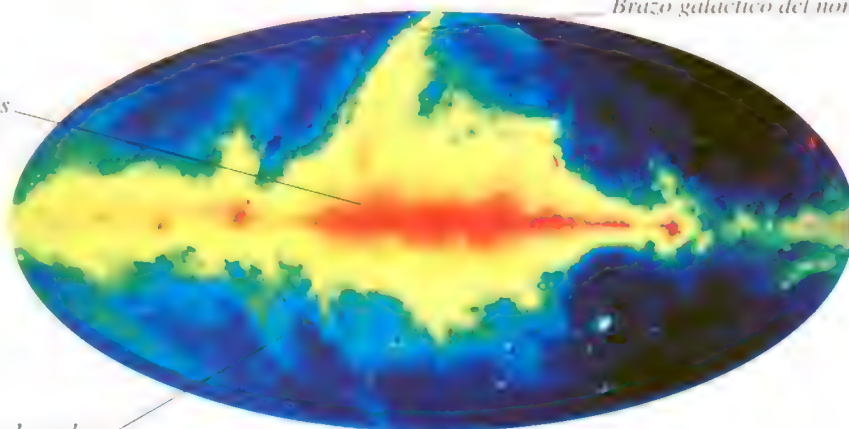
Descarga de gases
respiratorios

Conexión para
comunicaciones



RADIOMAPA PANORÁMICO DE NUESTRA GALAXIA

Brazo galáctico del norte

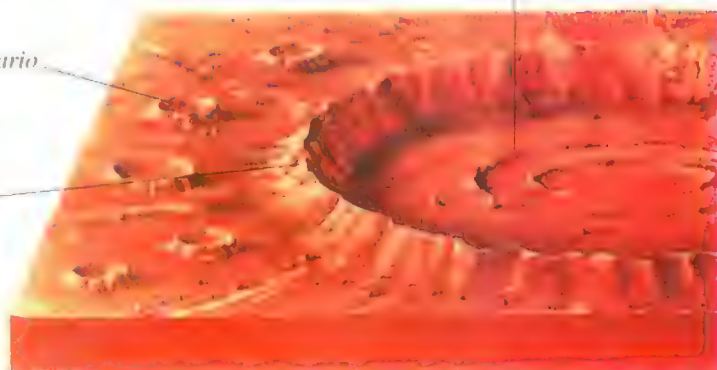


Polo Sur
galáctico

Anillo interno de montañas

Pequeño
cráter secundario

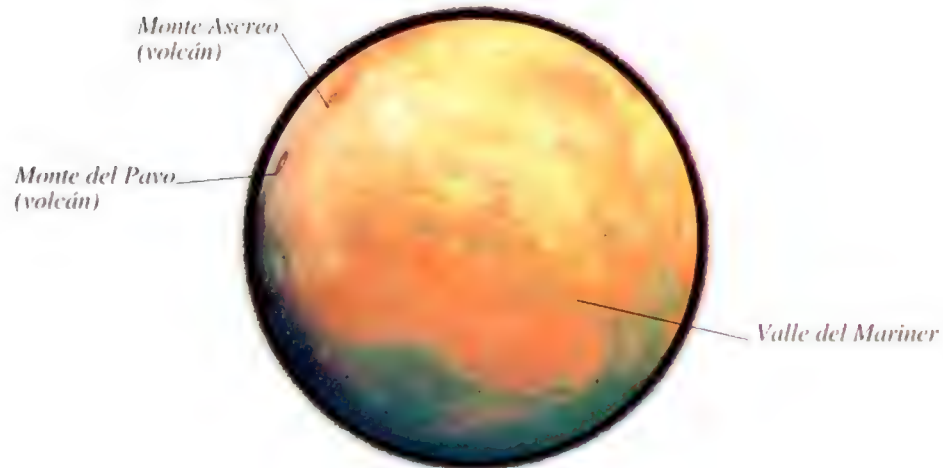
Pared
externa de
montañas



CRÁTER RADIAL

ENCICLOPEDIA VISUAL

UNIVERSO



MARTE

*Radio de eyección (material
eyección)*

Roca suelta eyección

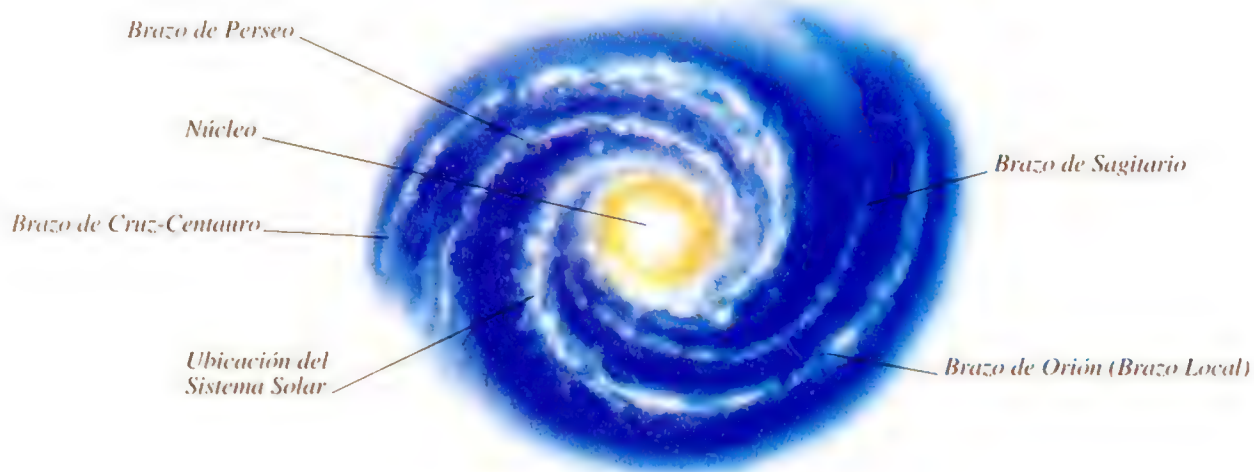
AMEREIDA



Consejo editorial:

Londres:

Peter Kindersley, Duncan Brown,
Susan Knight, Ellen Woodward, Paul Docherty,
Emily Hill, Sue Beeklake, Kenneth W. Gatland,
Philip Giderdale, Martyn Page, Ruth Midgley



VISTA SUPERIOR DE NUESTRA GALAXIA

Título original: *The Visual Dictionary of the Universe*

Publicado originalmente en Gran Bretaña en 1995
por Dorling Kindersley Limited, 9 Henrietta street,
London WC2E 8PS

Copyright © 1995 by Dorling Kindersley Limited, London

1996

Todos los Derechos Reservados.
Co-Edición EDITORIAL AMERINDA S.A.
ERNESTO PINTO LAGARRIGE 148
SANTIAGO-CHILE
TELÉFONO (562) 7571905 - FAX (562) 7559451

Sumario

El Universo 66

Galaxias 68

La Vía Láctea 70

Nebulosas y cúmulos estelares 72

Estrellas del Hemisferio Norte 74

Estrellas del Hemisferio Sur 76

Estrellas 78

Estrellas pequeñas 80

Estrellas pesadas 82

Estrellas de neutrones y hoyos negros 84

El Sistema Solar 86

El Sol 88

Mercurio 90

Venus 92

La Tierra 94

La Luna 96

Marte 98

Júpiter 100

Saturno 102

Urano 104

Neptuno y Plutón 106

Asteroides, cometas y meteoroides 108

La observación del espacio 110

Exploración espacial tripulada 112

Exploración de la Luna 114

Datos astronómicos 116

Glosario 119

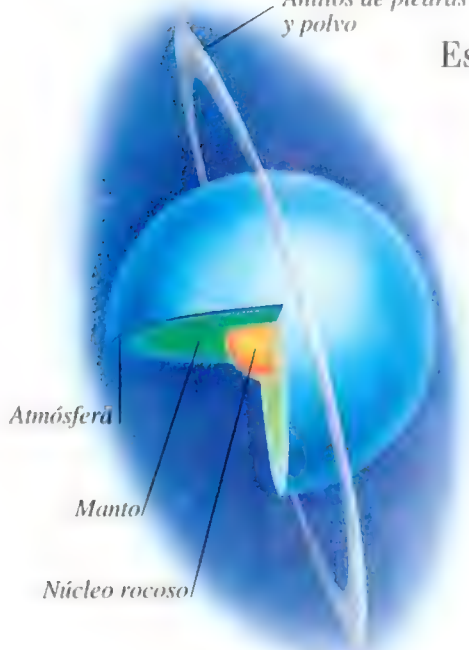
Antena
direccional
de haz fino



Cámara
de televisión

LUNOKHOD 1

Anillos de piedras
y polvo



Atmósfera

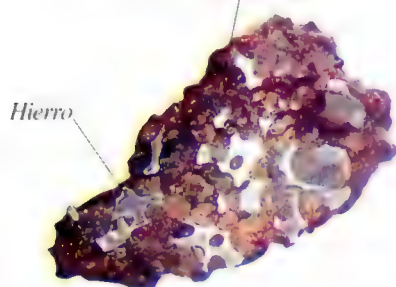
Manto

Núcleo rocoso

URANO

Piedra (olivina)

Hierro



METEORITO DE ROCA Y HIERRO

Cola de gas
fina y recta

Cola de polvo
ancha y curva

Coma (pág. 48) de polvo y
gases congelados alrededor
del núcleo

ESTRUCTURA DE UN COMETA

Gran Mancha Roja



Óvalo
blanco

FORMAS DE NUBES EN JÚPITER

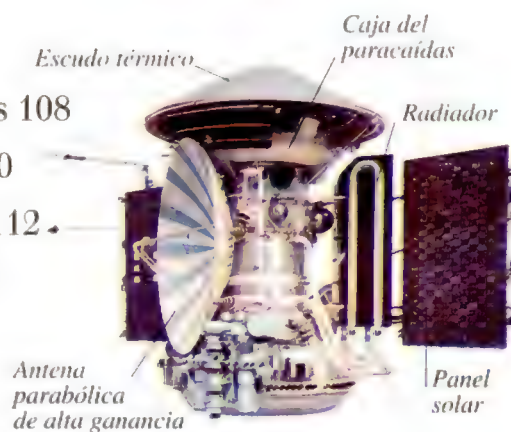
Escudo térmico

Caja del
paracaídas

Radiador

Antena
parabólica
de alta ganancia

Panel
solar



MÓDULOS DE ÓRBITA Y
ATERRIAJE DEL MARS 3

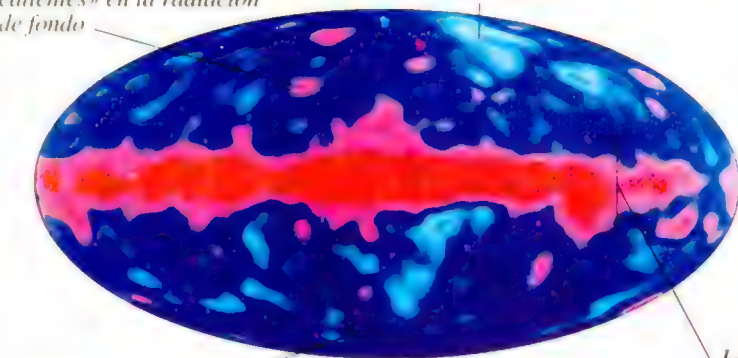
El Universo

EL UNIVERSO CONTIENE TODO lo que existe, desde las partículas subatómicas más pequeñas hasta los super cúmulos de galaxias (las estructuras más grandes que se conocen). Nadie sabe cuán grande es el Universo, pero los astrónomos estiman que contiene alrededor de 100.000 millones de galaxias, y que cada una de ellas reúne un promedio de 100.000 millones de estrellas. La teoría más aceptada sobre el origen del Universo es la teoría del Big Bang o Gran Explosión, según la cual la existencia del Universo comenzó con una gigantesca explosión, el Big Bang, que se produjo hace entre 10.000 y 20.000 millones de años. Al principio el Universo estaba constituido por una bola muy caliente y densa de gas en expansión, que se fue enfriando. Probablemente después de alrededor de un millón de años el gas comenzó a condensarse en grandes fragmentos llamados protogalaxias. Durante los 5 mil millones de años que siguieron, las protogalaxias continuaron condensándose, formando galaxias en cuyo interior fueron naciendo las estrellas. En la actualidad, miles de millones de años más tarde, el Universo todavía se sigue expandiendo, y hay zonas en las que sus componentes permanecen unidos por la fuerza de la gravedad; por ejemplo, muchas galaxias se agrupan en cúmulos de galaxias. La teoría del Big Bang se apoya en el descubrimiento de una tenue y fría radiación de fondo, que proviene uniformemente de todas las direcciones del cielo. Al parecer esta radiación es un fósil de la radiación que se produjo en el Big Bang. Se cree que unas pequeñas variaciones en la temperatura de la radiación cósmica de fondo son indicios de ligeras irregularidades en la densidad del Universo primitivo, a partir de las cuales se formaron las galaxias. Los astrónomos no saben aún si el Universo es "cerrado", lo que significa que en un momento del futuro dejará de expandirse y comenzará a contraerse, o si es "abierto", y continuará expandiéndose para siempre.

MAPA EN MICROONDAS EN COLORES FALSOS DE RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO

El rosado indica «rizos calientes» en la radiación de fondo

El celeste indica «rizos fríos» en la radiación de fondo



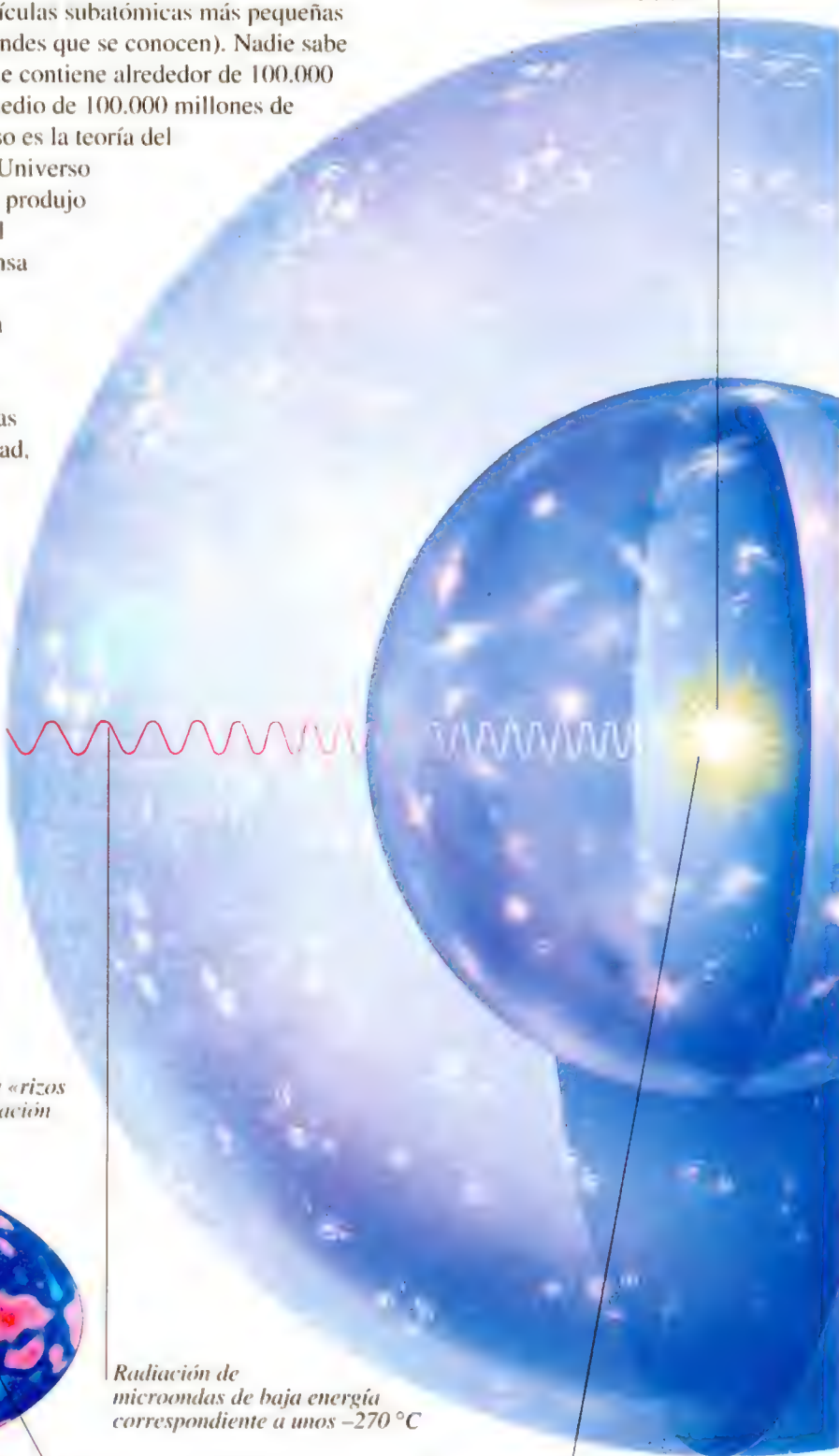
El azul oscuro indica radiación de fondo correspondiente a $-270,3^{\circ}\text{C}$ (resto del Big Bang)

La banda roja y rosada indica radiación proveniente de nuestra galaxia

Radiación de microondas de baja energía correspondiente a unos -270°C

Radiación gama de alta energía correspondiente a unos 3.000°C

Bola de gas extremadamente caliente en expansión rápida durante aproximadamente un millón de años



ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

Quásar (probablemente el centro de una galaxia que contiene un hoyo negro muy pesado)

El Universo entre 1.000 y 5.000 millones de años después del Big Bang

Protogalaxia (nube de gas en condensación)

Galaxia en rotación y aplastándose para finalmente adquirir forma espiral

Nube oscura (polvo y gas en condensación para formar una protogalaxia)

Galaxia elíptica en la cual las estrellas se forman rápidamente

El Universo actual (entre 10.000 y 20.000 millones de años después del Big Bang)

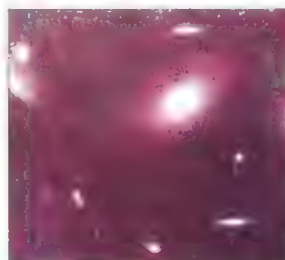
Cúmulo de galaxias unidas por la gravedad

Galaxia elíptica constituida por estrellas viejas, poco gas y poco polvo

Galaxia irregular

Galaxia espiral constituida por gas, polvo y estrellas jóvenes

OBJETOS DEL UNIVERSO



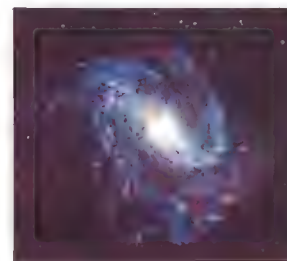
CÚMULO DE GALAXIAS EN VIRGO



IMAGEN EN COLOR FALSO DE 3C273 (QUASAR)



NGC 4406 (GALAXIA ELÍPTICA)



NGC 5236 (GALAXIA ESPIRAL)



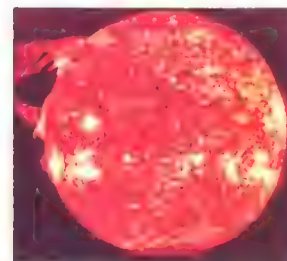
NGC 6822 (GALAXIA IRREGULAR)



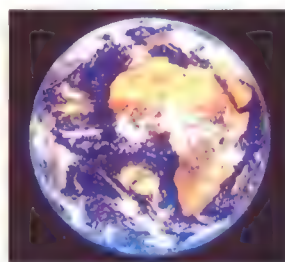
LA NEBULOSA DE LA ROSETA (NEBULOSA DE EMISIÓN)



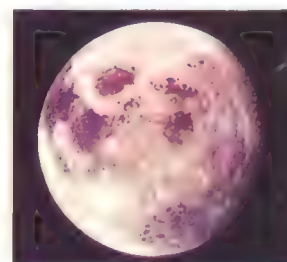
EL JOYERO (CÚMULO ESTELAR)



EL SOL (UNA ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL)



LA TIERRA



LA LUNA

Galaxias



SOMBRERO, UNA GALAXIA EN ESPIRAL.

UNA GALAXIA ES UNA MASA INMENSA DE ESTRELLAS, nebulosas y material interestelar. Las galaxias más pequeñas contienen cerca de 100.000 estrellas, y las más grandes pueden contener hasta 3 millones de millones (3 billones) de estrellas. Existen tres tipos principales de galaxias, que se clasifican según su forma: elípticas, que tienen una forma ovalada; espirales,

que tienen brazos que describen espirales a medida que se alejan del núcleo central; e irregulares, que no tienen una forma definida. A veces, la forma de una galaxia se ha distorsionado por el choque con otra galaxia. Los quásares (objetos cuasi-estelares) podrían ser núcleos de galaxias, pero están tan lejos que su naturaleza exacta todavía nos es desconocida. Son objetos compactos, muy luminosos que se encuentran en los confines del Universo conocido: mientras las galaxias "normales" más lejanas se encuentran a unos 10.000 millones de años luz, el quásar más lejano está a unos 15.000 millones de años luz. Las galaxias activas, como las Seyfert y las radio-galaxias, emiten una intensa radiación. En una galaxia Seyfert, la radiación proviene de unos lóbulos gigantes que se extienden a ambos lados de la galaxia. La radiación de las galaxias activas y de los quásares es posible que se deba a hoyos negros (págs. 84-85).

IMAGEN ÓPTICA DE NGC 4486 (GALAXIA ELÍPTICA)



Cúmulo globular con gigantes rojas muy viejas
Abultamiento central con gigantes rojas viejas
Región menos densamente poblada
Galaxia vecina

IMAGEN ÓPTICA DE LA GRAN NUBE DE MAGALLANES (GALAXIA IRREGULAR)



Nebulosa de la Tarántula
Nube de polvo que obstruye la luz de las estrellas
Nebulosa de emisión
Luz de estrellas

IMAGEN ÓPTICA DE NGC 2997 (GALAXIA ESPIRAL)



Nebulosa de emisión en el brazo espiral

Brazo espiral con estrellas jóvenes

Núcleo galáctico con estrellas viejas

Polvo en el brazo espiral que refleja luz azul procedente de estrellas jóvenes y calientes

Hidrógeno caliente e ionizado emitiendo luz roja

Regueros de polvo

**IMAGEN ÓPTICA DE CENTAURO A
(RADIOGALAXIA)**

Regueros de polvo que cruzan la galaxia elíptica

Núcleo galáctico con fuente potente de radiación

Luz procedente de estrellas viejas



RADIOIMAGEN EN COLOR FALSO DE CENTAURO A

Lóbulo de radio

Lóbulo de radio

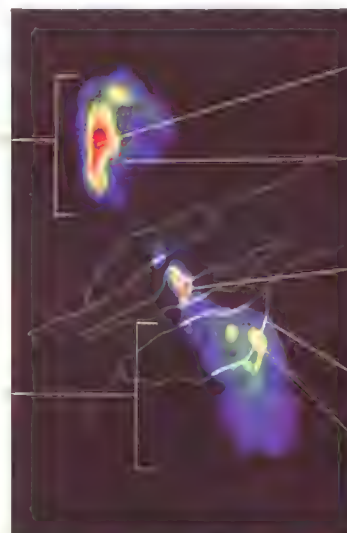
El rojo indica ondas de radio de alta intensidad

El azul indica ondas de radio de baja intensidad

Radiación del núcleo galáctico

Límite de la imagen óptica de Centauro A

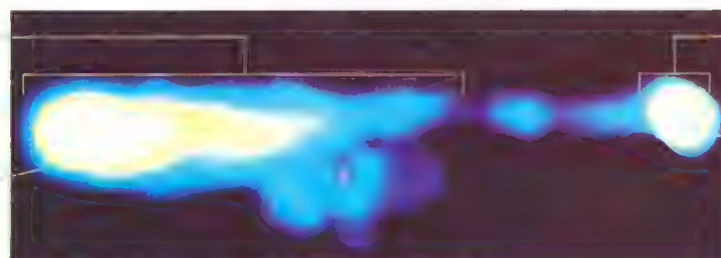
El amarillo indica ondas de radio de intensidad media



RADIOIMAGEN EN COLORES FALSOS DE 3C273 (QUASAR)

Radiación procedente de chorro de partículas de alta energía emitidas por el quásar

El azul indica ondas de radio de baja intensidad



Núcleo del quásar

El blanco indica ondas de radio de alta intensidad

**IMAGEN ÓPTICA DE NGC 1566
(GALAXIA SEYFERT)**

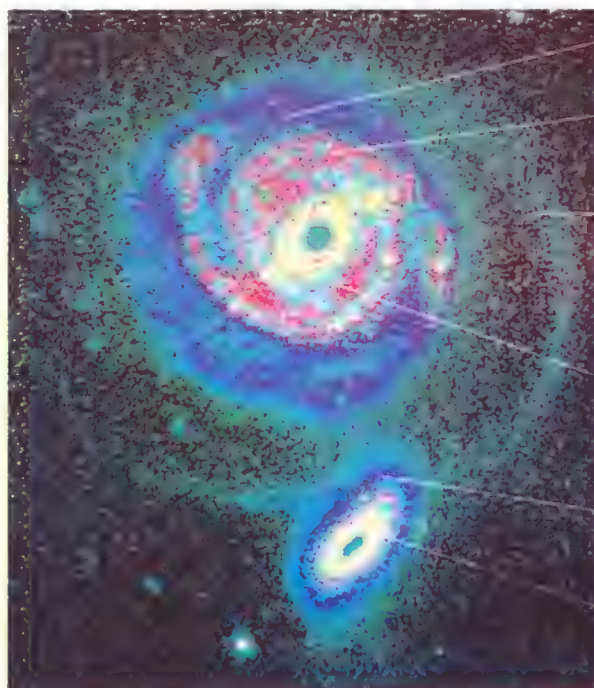


Nebulosa en el brazo espiral

Núcleo compacto emitiendo radiación intensa

Brazo espiral

**IMAGEN ÓPTICA EN COLORES FALSOS DE NGC 5754
(DOS GALAXIAS EN COLISIÓN)**



El azul indica radiación de baja intensidad

El rojo indica radiación de intensidad media

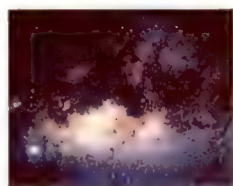
Brazo espiral distorsionado por la fuerza gravitatoria de la galaxia pequeña

Galaxia espiral grande

Galaxia pequeña en colisión con la galaxia grande

El amarillo indica radiación de alta intensidad

La Vía Láctea



ASPECTO DEL CENTRO DE LA GALAXIA

VÍA LÁCTEA ES EL NOMBRE QUE SE DA A LA SUAVE BANDA DE LUZ que se extiende por el cielo nocturno. Esta luz proviene de estrellas y nebulosas de nuestra galaxia, que se conoce con el nombre de Galaxia de la Vía Láctea o simplemente como "La Galaxia". La Vía Láctea tiene forma de espiral, con un abultamiento central denso rodeado de cuatro brazos que describen una espiral hacia afuera, y todo eso rodeado por un halo mayor y menos denso. No podemos ver la forma espiral porque el Sistema Solar está en uno de los brazos espirales, El Brazo de Orión (que también se llama Brazo Local). Desde nuestra posición, el centro de la Galaxia está cubierto por nubes de polvo; por eso, los mapas ópticos nos dan una visión limitada de la Galaxia. Sin embargo, se puede obtener una imagen más completa mediante el estudio de ondas de radio,

infrarrojas y otras. El abultamiento central de la Galaxia es relativamente pequeño, denso y esférico, y contiene principalmente las estrellas más viejas, rojas y amarillas. El halo es la región menos densa, en la que se encuentran las estrellas más viejas; algunas de estas estrellas podrían ser tan viejas como la propia Galaxia (posiblemente unos 15.000 millones de años). Los brazos espirales contienen mayoritariamente estrellas azules, calientes y jóvenes, así como nebulosas (nubes de polvo y gas dentro de las cuales están naciendo estrellas). La Galaxia es enorme: tiene un diámetro de unos 100.000 años luz (un año luz equivale a unos 9.460 millones de kilómetros); en comparación, el Sistema Solar parece pequeño, puesto que sólo tiene unas 12 horas luz de diámetro (unos 13.000 millones de kilómetros). Toda la Galaxia gira en el espacio, pero las estrellas del interior lo hacen a diferente velocidad que las del exterior. El Sol, que está a unos dos tercios del centro, completa una vuelta a la Galaxia cada 220 millones de años.

MAPA ÓPTICO PANORAMICO DE NUESTRA GALAXIA Y DE OTRAS CERCANAS

VISTA LATERAL DE NUESTRA GALAXIA

Disco de brazos espirales constituidos principalmente por estrellas jóvenes

Abultamiento central constituido principalmente por estrellas más viejas

Luz procedente de estrellas y nebulosas en el Brazo de Perseo

Halo constituido por las estrellas más viejas

Núcleo

100.000 años luz

VISTA SUPERIOR DE NUESTRA GALAXIA

Abultamiento central

Núcleo

Brazo de Perseo

Brazo de Cruz-Centauro

Polvo en el brazo espiral que refleja la luz azul procedente de estrellas calientes y jóvenes

Localización del Sistema Solar

Nebulosa de emisión

Brazo de Sagitario

Brazo de Orión (Brazo Local)

Zona de nubes de polvo

Plano galáctico

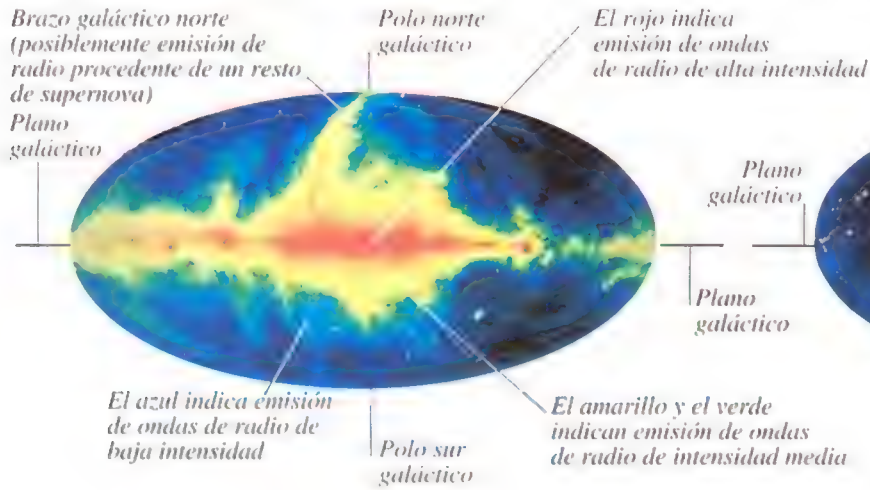
Vía Láctea (la banda de luz que se extiende a lo largo del cielo nocturno)

Polaris (Estrella Polar), una estrella binaria variable azul verdoso

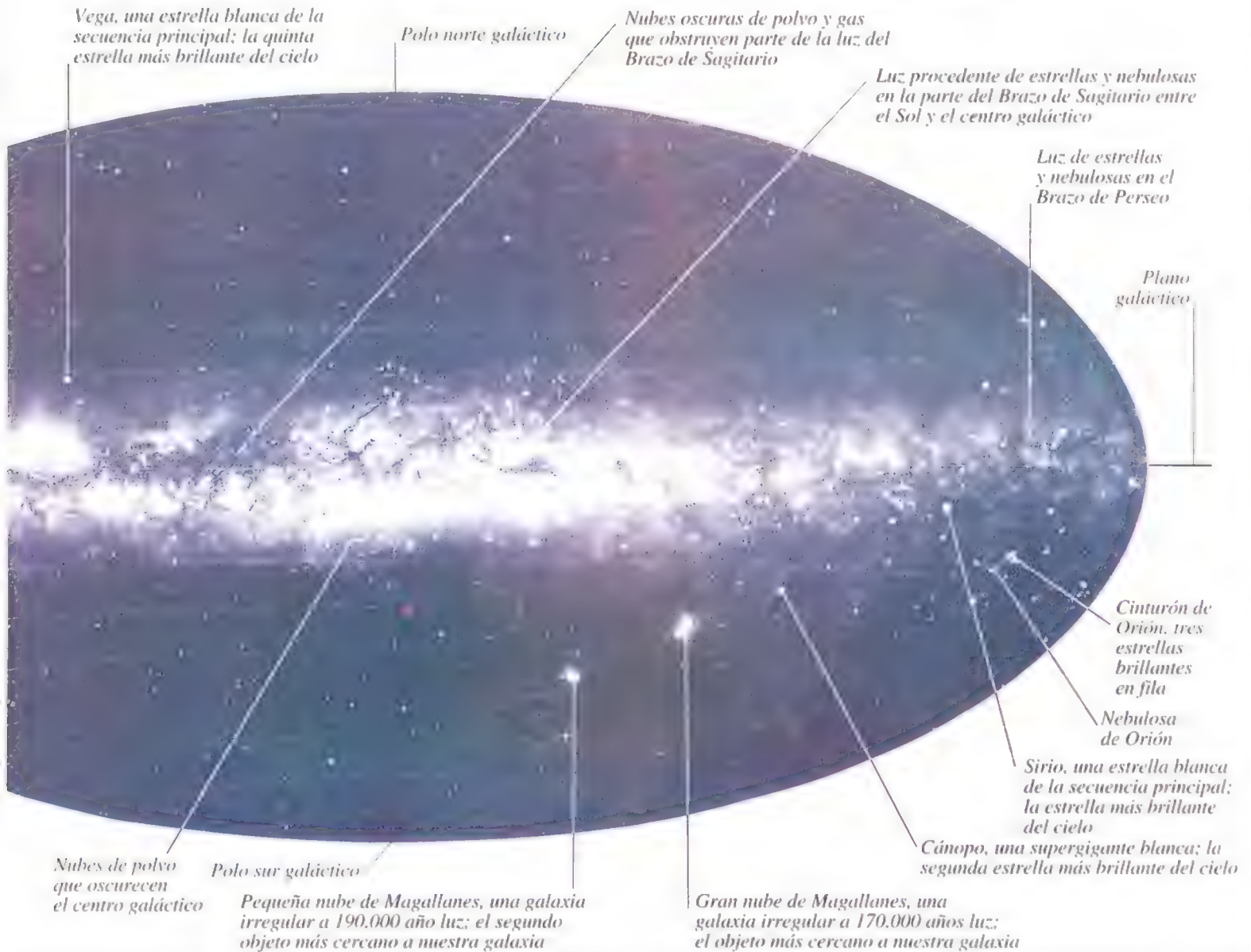
Pléyades (las Siete Hermanas), un cúmulo estelar abierto

Galaxia de Andrómeda, una galaxia espiral a 2,2 millones de años, luz; el objeto más distante que se puede ver a simple vista

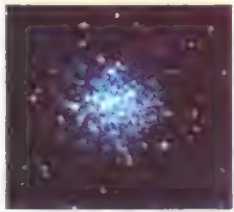
RADIOMAPA PANORÁMICO DE NUESTRA GALAXIA



MAPA PANORÁMICO INFRARROJO DE NUESTRA GALAXIA



Nebulosas y cúmulos de estrellas



**HODGE II, A
UN CÚMULO GLOBULAR**

UNA NEBULOSA ES UNA NUBE DE POLVO Y GAS en el interior de una galaxia. Las nebulosas se hacen visibles si el gas brilla, o si una nube refleja la luz de las estrellas u oscurece la luz de objetos lejanos. Las nebulosas de emisión brillan porque su gas emite luz cuando es estimulado por la radiación de estrellas jóvenes y calientes. Las nebulosas de reflexión brillan porque su polvo refleja la luz de estrellas ubicadas en el interior o alrededor de ellas. Las nebulosas oscuras se ven como siluetas porque bloquean la luz de estrellas o nebulosas que están detrás de ellas. Hay dos tipos de nebulosas que se asocian a estrellas agonizantes: las nebulosas planetarias y los restos de supernovas. Ambas son cascarones de gas en expansión que antes eran las capas externas de una estrella. Una nebulosa planetaria es el cascarón de gas escapándose del núcleo de una estrella que se extingue.

Un resto de supernova es el cascarón de gas

que se aleja a gran velocidad del corazón de la estrella tras una violenta explosión de ésta que se llama supernova (págs. 82-83).

Con frecuencia, las estrellas se encuentran en grupos que se denominan cúmulos. Los cúmulos abiertos son grupos relativamente poco tupidos de varios miles de estrellas nacidas de una misma nube y que se están separando. Los cúmulos globulares están densamente agrupados y son cientos de miles de estrellas viejas reunidas en grupos aparentemente esféricos.

**PLÉYADES (CÚMULO ESTELAR ABIERTO
CON UNA NEBULOSA DE REFLEXIÓN)**

*Trazas de polvo y gas
hidrógeno residuales
de la nube en la
cual se formaron
las estrellas*

*Estrella joven en un
cúmulo abierto de
300-500 estrellas*

*Nebulosa de
reflexión*



*Nebulosa de
reflexión*

*Nebulosa
de emisión*

*Regueros
de polvo*

*Región de
formación
de estrellas
(área en la que
polvo y gas se
aglomeran y
forman estrellas)*

NEBULOSA TRÍFIDA (NEBULOSA DE EMISIÓN)



NEBULOSA DE LA CABEZA DE CABALLO (NEBULOSA OSCURA)

*Filamento brillante
de hidrógeno
caliente e ionizado*

*Alnitak (estrella del
cinturón de Orión)*

Reguero de polvo

Nebulosa de emisión



*Estrella cercana al extremo
sur del cinturón de Orión*

Nebulosa de emisión

*Nebulosa de la
Cabeza de Caballo*

Nebulosa de reflexión

*Nebulosa oscura que se
interpone y encubre la
luz de estrellas lejanas*

NEBULOSA DE ORIÓN (NEBULOSA DE EMISIÓN DIFUSA)

Nube brillante
de polvo y gas
hidrógeno que
forma parte de
la Nebulosa
de Orión

Nube de polvo

Trapezio
(grupo de cuatro
estrellas jóvenes)

Luz roja
procedente
de hidrógeno
caliente e ionizado



Nube de gas que
emite luz debido
a radiación
ultravioleta
procedente
de las cuatro
estrellas jóvenes
del Trapecio

Luz verde
procedente de
oxígeno caliente
e ionizado

Filamento
brillante
procedente de
hidrógeno
caliente
e ionizado

NEBULOSA DE LA HÉLICE (NEBULOSA PLANETARIA)



Nebulosa planetaria
(cascarón de gas en
expansión desde el
núcleo estelar en
extinción)

Núcleo estelar a una
temperatura de unos
100.000 °C

Luz roja emitida
por hidrógeno
caliente e ionizado

Luz azul verdoso
procedente de
nitrógeno y oxígeno
calientes e ionizados

RESTO DE SUPERNOVA EN VELA



Resto de
supernova
(cascarón de gas
formado por las
capas externas
de la estrella
lanzadas hacia
fuera en la
explosión de la
supernova)

Hidrógeno
emitiendo luz
roja al ser
calentado por
la explosión
de la supernova

Filamento
brillante de
hidrógeno
caliente e
ionizado

Estrellas del hemisferio norte

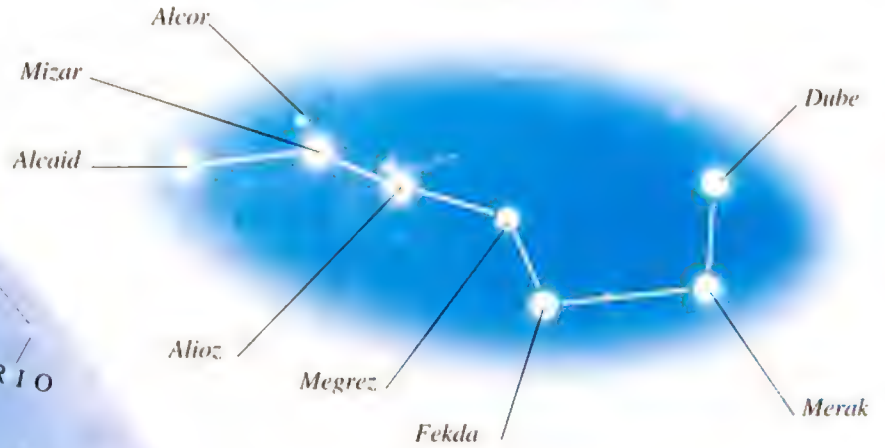
CUANDO SE MIRA EL CIELO HACIA EL NORTE, se está mirando en la dirección opuesta al densamente poblado centro de la Galaxia. Por eso, el cielo del norte generalmente tiene una apariencia menos brillante que el del sur (págs. 76-77). En el cielo del norte son muy conocidas las constelaciones de la Osa Mayor y Orión. Algunas civilizaciones antiguas creían que las estrellas estaban pegadas a una esfera celeste que envolvía a la Tierra, y los mapas modernos de las estrellas se basan en una idea parecida. Los polos Norte y Sur de esta esfera celeste imaginaria se sitúan directamente encima de los polos Norte y Sur de la Tierra, en los puntos donde el eje de rotación de la Tierra corta a la esfera. El Polo Norte celeste está en el centro del mapa que se muestra aquí, y Polaris (la estrella Polar) está muy cerca de él. El ecuador celeste delimita la proyección del ecuador terrestre sobre la esfera. La eclíptica marca la trayectoria del Sol a través del cielo mientras la Tierra describe su órbita alrededor del Sol. La Luna y los planetas se mueven con respecto al fondo de estrellas porque las estrellas están mucho más lejos; la estrella más cercana al Sistema Solar (Próxima Centauri) está 50.000 veces más lejos que el planeta Júpiter.

ORIÓN

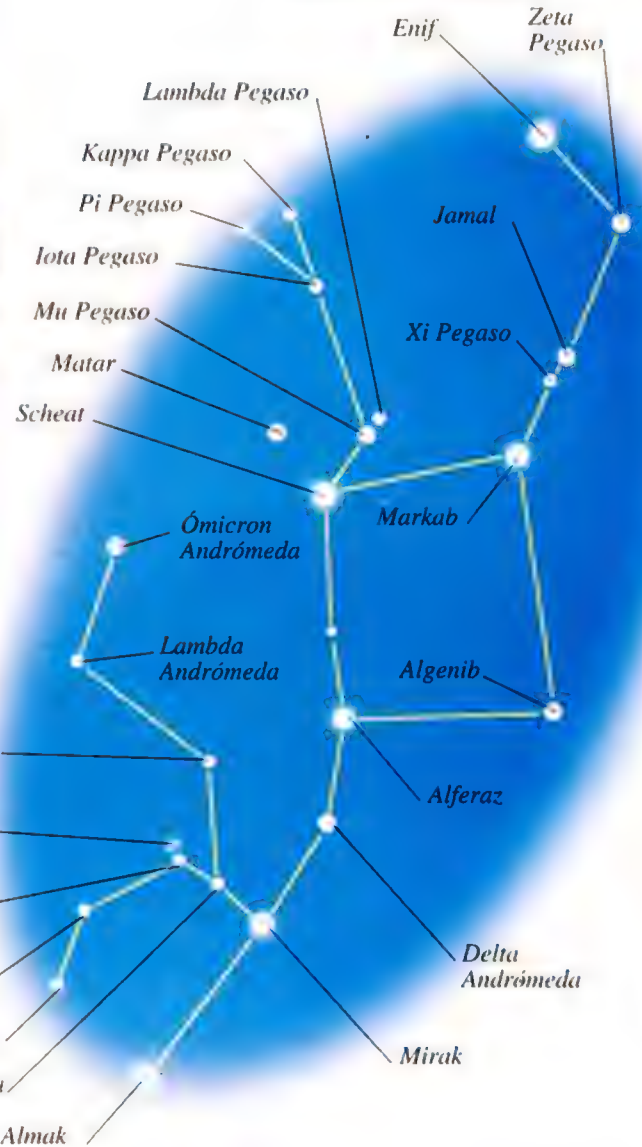


ESTRELLAS VISIBLES EN EL HEMISFERIO NORTE

EL ARADO, PARTE DE LA OSA MAYOR



PEGASO Y ANDRÓMEDA



Estrellas del hemisferio sur

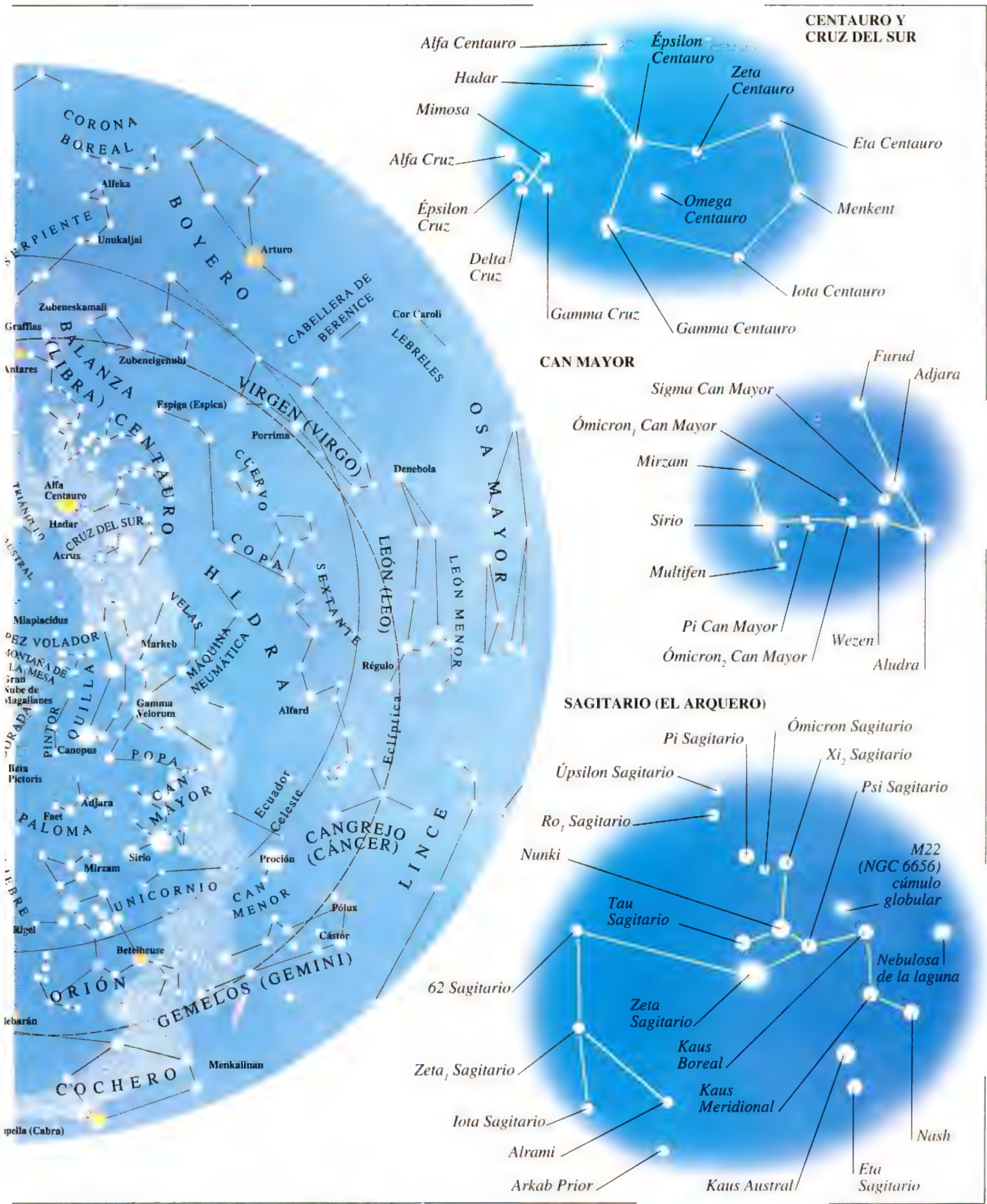
CUANDO SE MIRA AL CIELO DEL SUR, se está mirando hacia el centro de la Galaxia, que tiene una enorme población de estrellas. Como resultado, la Vía Láctea aparece más brillante en el cielo del sur que en el del norte (págs. 74-75). El cielo del sur es rico en nebulosas y cúmulos de estrellas. Contiene la Gran y la Pequeña Nube de Magallanes, que son las dos galaxias más cercanas a la nuestra. Las estrellas forman conjuntos estables en el cielo que se llaman constelaciones. Sin embargo, las constelaciones no son más que agrupaciones aparentes de estrellas, ya que las distancias entre las estrellas de una constelación pueden diferir mucho. La forma de las constelaciones puede cambiar a lo largo de muchos miles de años debido al movimiento relativo de las estrellas. El cambio de posición de las constelaciones en el cielo es causado por el movimiento de la Tierra en el espacio. La rotación diaria de la Tierra hace que las constelaciones se muevan en el cielo de este a oeste, y la órbita de la Tierra alrededor del Sol hace que veamos diferentes partes del cielo en cada época del año. La visibilidad de las áreas del cielo depende también de la ubicación del observador. Por ejemplo, las estrellas más cercanas al ecuador celeste pueden verse desde ambos hemisferios en cierto período del año, mientras que las estrellas cercanas a los polos celestes (el Polo Sur celeste está en el centro del mapa que se muestra aquí) nunca se pueden ver desde el hemisferio opuesto.

HIDRA (LA SERPIENTE ACUÁTICA) Y MESA

Pequeña Nube de Magallanes



ESTRELLAS VISIBLES EN EL HEMISFERIO DEL SUR



CENTAURO Y CRUZ DEL SUR

- Alfa Centauro
- Hadar
- Mimosa
- Alfa Cruz
- Épsilon Cruz
- Delta Cruz
- Gamma Cruz
- Épsilon Centauro
- Zeta Centauro
- Eta Centauro
- Omega Centauro
- Menkent
- Iota Centauro
- Gamma Centauro

CAN MAYOR

- Furud
- Adjara
- Sigma Can Mayor
- Ómicron₁ Can Mayor
- Mirzam
- Sirio
- Multifen
- Pi Can Mayor
- Ómicron₂ Can Mayor
- Wezen
- Aludra

SAGITARIO (EL ARQUERO)

- Ómicron Sagitario
- Pi Sagitario
- Úpsilon Sagitario
- Ro₁ Sagitario
- Nunki
- Tau Sagitario
- 62 Sagitario
- Zeta Sagitario
- Kaus Boreal
- Kaus Meridional
- Kaus Austral
- Eta Sagitario
- Nash
- M22 (NGC 6656) cúmulo globular
- Nebulosa de la laguna
- Iota Sagitario
- Alrami
- Arkas Prior
- Proción
- Pólux
- Cástor
- Menkallim

Estrellas



CÚMULO DE ESTRELLAS ABIERTO Y NUBE DE POLVO

LAS ESTRELLAS SON CUERPOS calientes y luminosos de gas que se forman en las nebulosas (págs. 82-83). Su tamaño, masa y temperatura son muy variables: sus diámetros van desde unas 450 veces menos que el del Sol hasta unas 1.000 veces mayores; las masas varían desde una vigésima parte de la solar, hasta unas 50 masas solares, y la temperatura de la

superficie oscila desde unos 3.000 °C a más de 50.000 °C. El color de una estrella está determinado por su temperatura: las estrellas más calientes son azules y las más frías, rojas. El Sol, con una temperatura en la superficie de unos 5.500 °C, está entre estos extremos y es de color amarillo. La energía emitida por una estrella se produce por la fusión nuclear en su centro. El brillo de una estrella se mide en magnitudes: mientras más brillante es una estrella, menor es su magnitud. Existen dos tipos de magnitudes: la magnitud aparente, que es el brillo visto desde la Tierra, y la magnitud absoluta, que es el brillo que se percibiría desde una distancia estándar de 10 parsecs (32,6 años luz). La luz emitida por una estrella se puede descomponer, y formar un espectro que contiene una serie de líneas oscuras (líneas de absorción). La disposición de las líneas indica la presencia de distintos elementos químicos, lo que permite que los astrónomos puedan deducir la composición de la atmósfera de la estrella. La magnitud y el tipo espectral (color) de las estrellas se pueden representar en un gráfico que se llama Diagrama de Hertzsprung-Russell, y que muestra que las estrellas tienden a pertenecer a varios grupos bien definidos. Los principales grupos son las estrellas de la secuencia principal (aquellas que fusionan hidrógeno para convertirlo en helio), las gigantes, las supergigantes y las enanas blancas.

TAMAÑOS DE LAS ESTRELLAS

Gigantes rojas (diámetros de entre 15 millones y 150 millones de km.)

El Sol (estrella de la secuencia principal con diámetro de unos 1,4 millones de km.)

Enanas blancas (diámetros de entre 3.000 y 50.000 km.)

ENERGÍA EMITIDA POR EL SOL

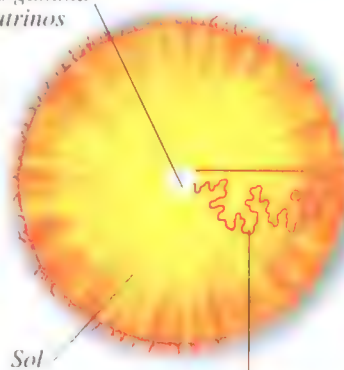
La fusión nuclear en el centro genera rayos gamma y neutrinos

Los neutrinos llegan a la Tierra directamente desde el centro del Sol en unos 8 minutos

La radiación de baja energía llega a la Tierra en unos 8 minutos

Tierra

La radiación de baja energía (principalmente rayos de luz visible, ultravioleta e infrarroja) abandona la superficie



La radiación de alta energía (rayos gamma) pierde energía mientras viaja a la superficie durante más de 2 millones de años

MAGNITUDES DE LAS ESTRELLAS

MAGNITUD APARENTE **MAGNITUD ABSOLUTA**

Estrellas más brillantes

Sirio: magnitud aparente de -1,46

Rigel: magnitud aparente de +0,12

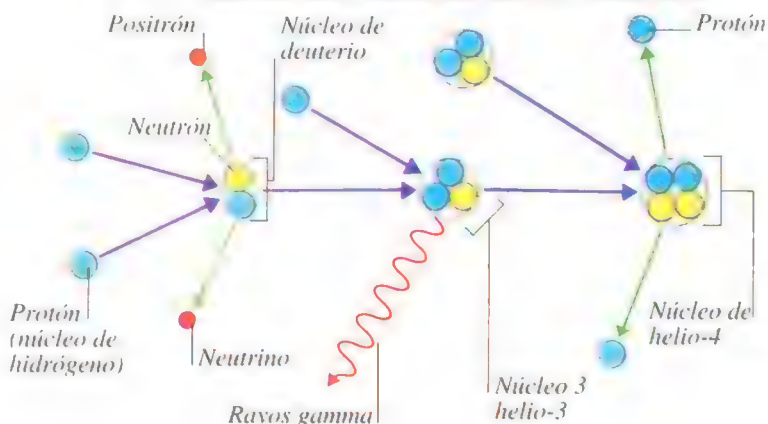
Los cuerpos celestes con magnitud superior a +5,5 no pueden verse a simple vista

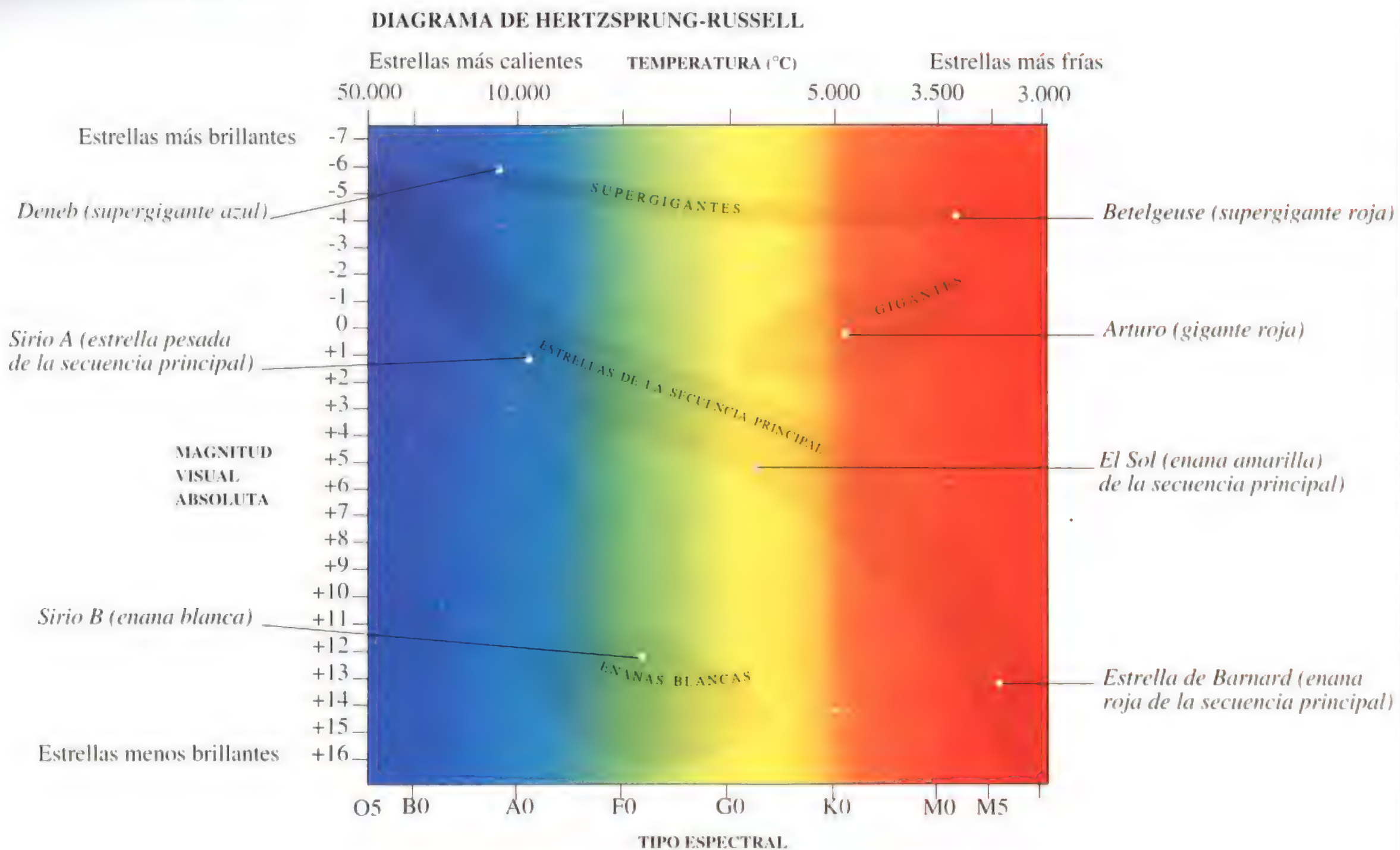
Estrellas menos brillantes

Rigel: magnitud absoluta de -7,1

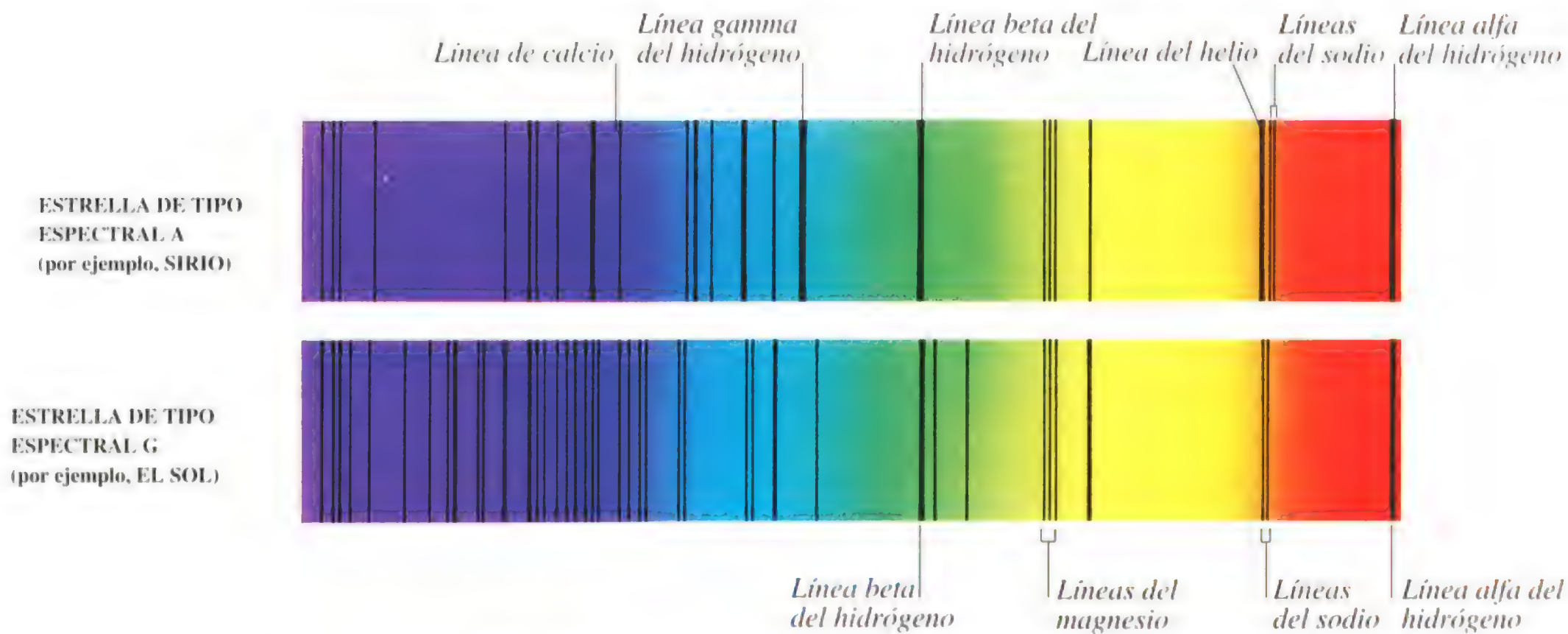
Sirius: magnitud absoluta de +1,4

FUSIÓN NUCLEAR EN ESTRELLAS DE LA SECUENCIA PRINCIPAL DEL TIPO DEL SOL





LÍNEAS DE ABSORCIÓN ESPECTRAL EN ESTRELLAS



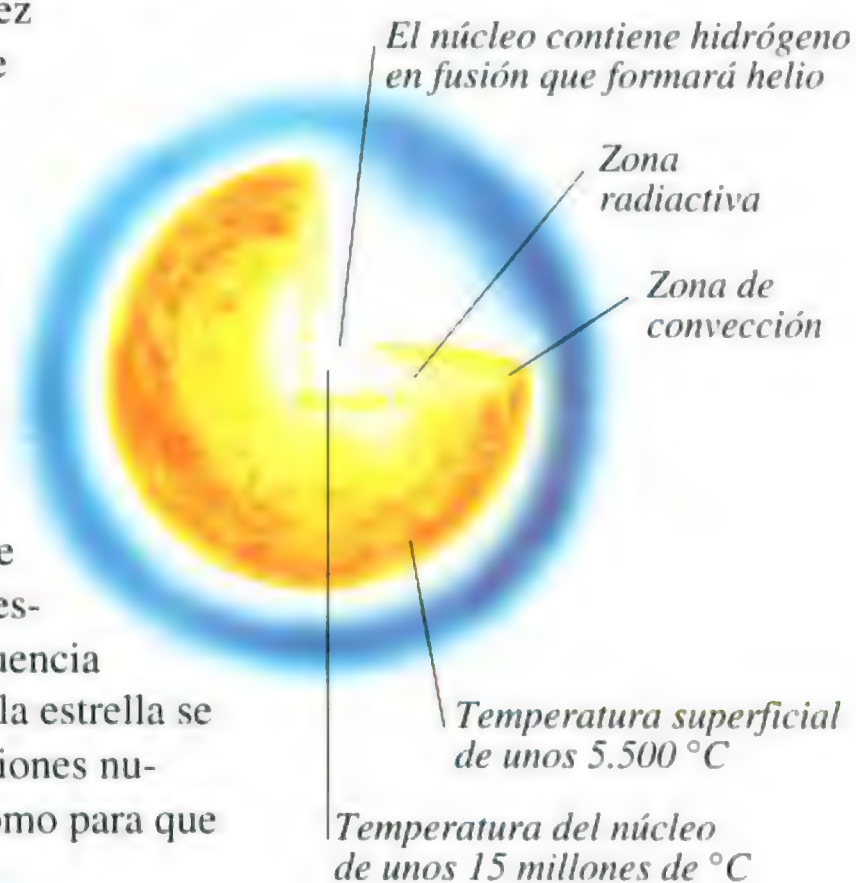
Estrellas pequeñas



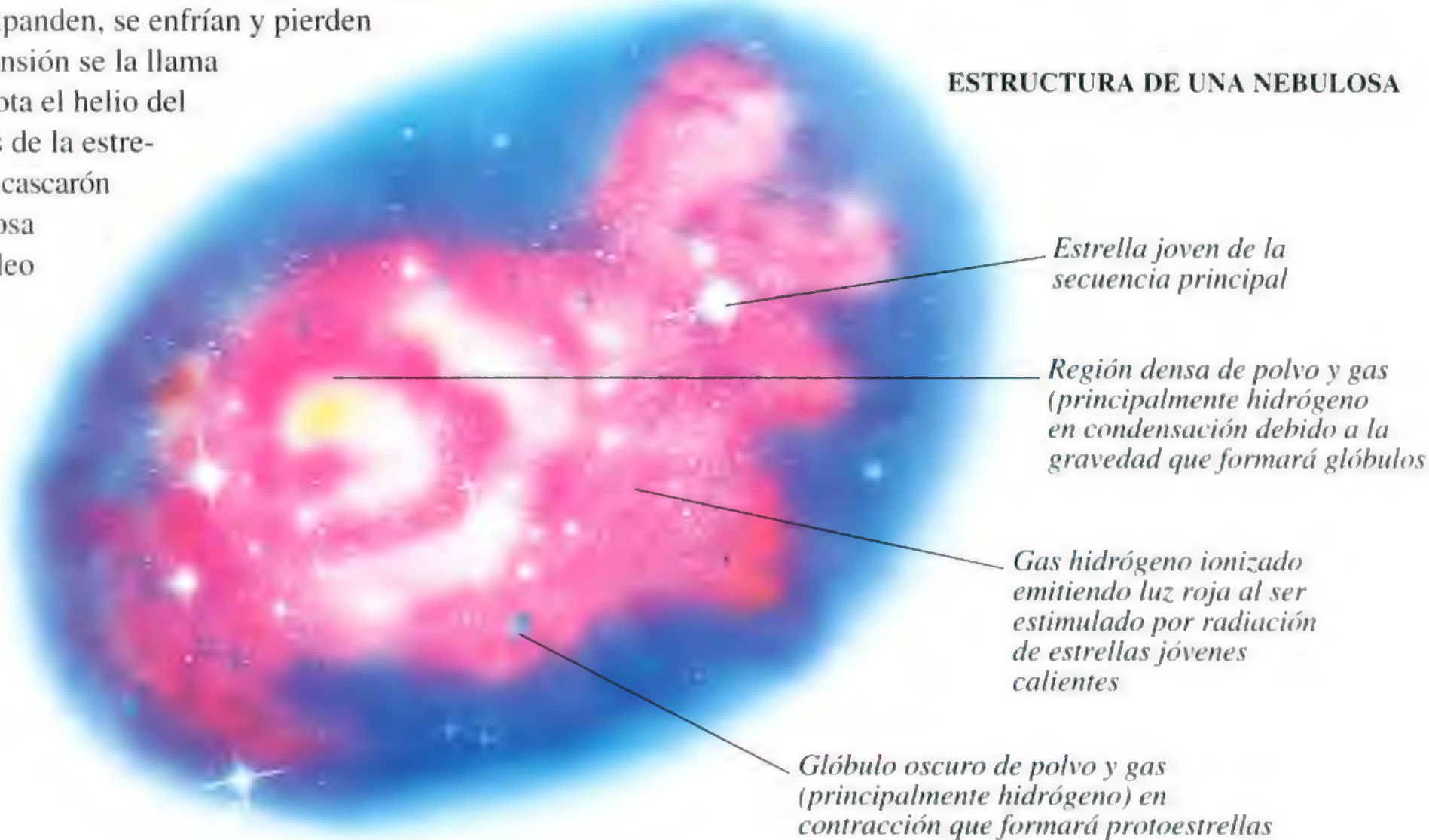
REGIÓN DE ESTRELLAS EN FORMACIÓN EN ORIÓN

LAS ESTRELLAS PEQUEÑAS TIENEN UNA MASA de hasta una vez y media la del Sol. Comienzan a formarse cuando una región de mayor densidad de una nebulosa se condensa en un enorme glóbulo de gas y polvo que se contrae por la acción de su propia gravedad. Dentro del glóbulo, hay regiones de materia en condensación que se calientan y empiezan a brillar formando protoestrellas. Si una protoestrella contiene suficiente materia, la temperatura central puede llegar a 15 millones de grados Celsius. A esta temperatura se inician reacciones nucleares en las cuales el hidrógeno se fusiona para formar helio. Este proceso libera energía, que hace brillar a la estrella e impide que se contraiga. La estrella está ahora en la secuencia principal. Una estrella de aproximadamente una masa solar permanece en la secuencia principal durante unos 10.000 millones de años, hasta que el hidrógeno del núcleo de la estrella se haya convertido en helio. El núcleo de helio se contrae entonces de nuevo, y las reacciones nucleares continúan en la capa que rodea al núcleo. El núcleo se calienta lo suficiente como para que el helio se fusione formando carbono, mientras que las capas externas de la estrella se expanden, se enfrían y pierden brillo. A la estrella en expansión se la llama gigante roja. Cuando se agota el helio del núcleo, las capas exteriores de la estrella se expanden en forma de cascarón de gas y forman una nebulosa planetaria. El resto del núcleo (un 80 por ciento de la estrella original) está ahora en sus momentos finales. La estrella se convierte en una enana blanca que gradualmente se enfría y se apaga. Cuando finalmente deje de brillar, la estrella muerta se transformará en una enana negra.

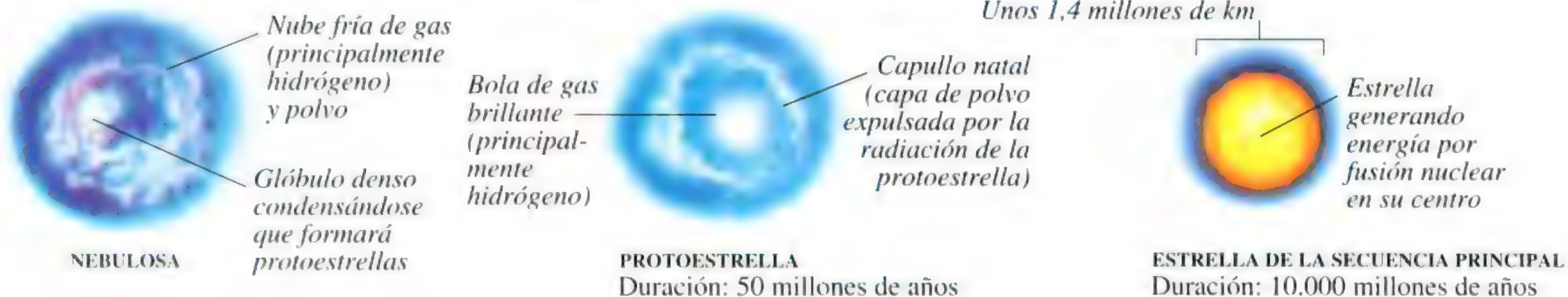
ESTRUCTURA DE UNA ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL



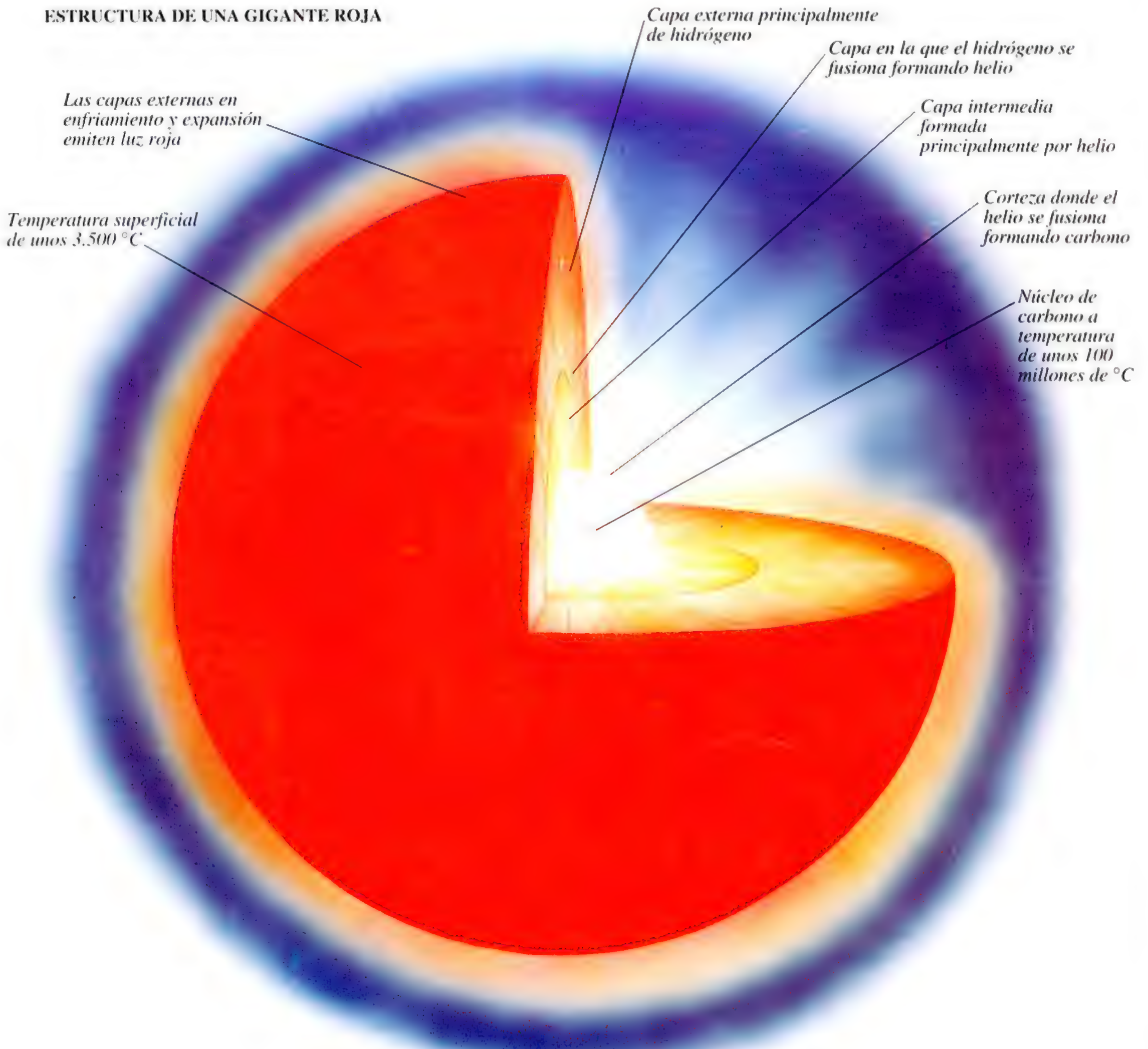
ESTRUCTURA DE UNA NEBULOSA



VIDA DE UNA ESTRELLA PEQUEÑA DE APROXIMADAMENTE UNA MASA SOLAR



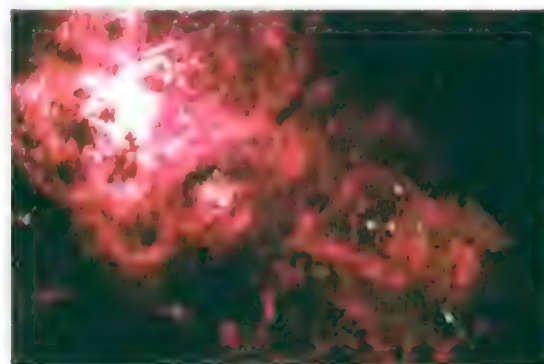
ESTRUCTURA DE UNA GIGANTE ROJA



Estrellas pesadas

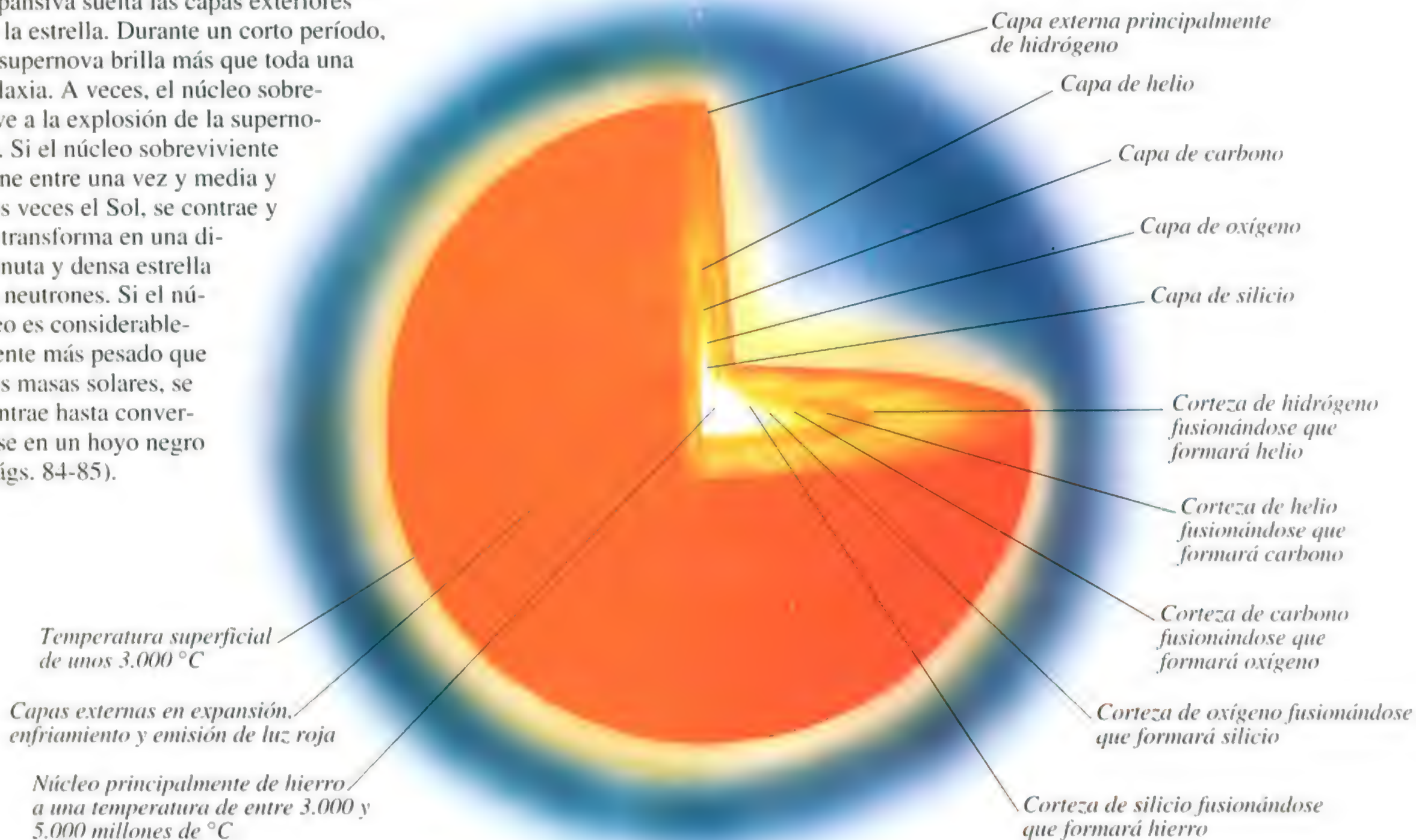
LAS ESTRELLAS PESADAS TIENEN POR LO MENOS TRES VECES la masa del Sol, y algunas pueden llegar a tener una masa de hasta 50 veces la del Sol. Una estrella pesada tiene una evolución muy parecida a la de una estrella pequeña hasta que llega a la secuencia principal (págs. 80-81). Durante la secuencia principal, la estrella brilla regularmente hasta que todo el hidrógeno de su núcleo se ha transformado en helio. Este proceso toma miles de millones de años en una estrella pequeña, pero sólo algunos millones de años en una estrella pesada. En ese momento, la estrella pesada se convierte en una supergigante roja, que inicialmente está constituida por un núcleo de helio rodeado de capas externas de gases fríos en expansión. Durante los millones de años siguientes, una serie de reacciones nucleares va formando diferentes elementos en las capas que rodean al núcleo de hierro. Llega un momento en el que el núcleo colapsa en menos de un segundo, causando una tremenda explosión llamada supernova, en la cual la onda expansiva suelta las capas exteriores de la estrella. Durante un corto período, la supernova brilla más que toda una galaxia. A veces, el núcleo sobrevive a la explosión de la supernova. Si el núcleo sobreviviente tiene entre una vez y media y tres veces el Sol, se contrae y se transforma en una diminuta y densa estrella de neutrones. Si el núcleo es considerablemente más pesado que tres masas solares, se contrae hasta convertirse en un hoyo negro (págs. 84-85).

SUPERNOVA

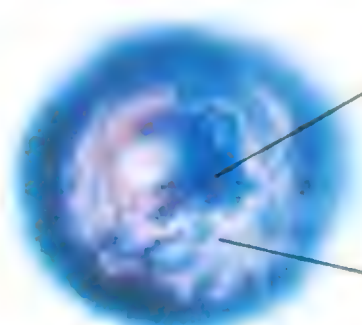


NEBULOSA DE LA TARÁNTULA
ANTES DE LA SUPERNOVA

ESTRUCTURA DE UNA SUPERGIGANTE ROJA



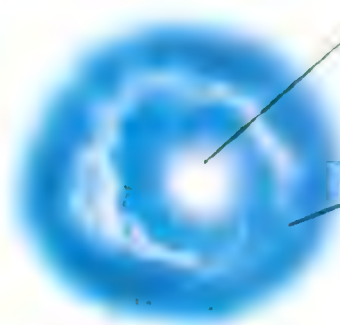
VIDA DE UNA ESTRELLA CON UNAS DIEZ VECES LA MASA DEL SOL



NEBULOSA

Glóbulo denso en condensación que formará protoestrellas

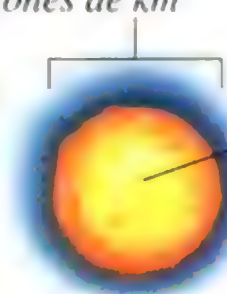
Nube fría de gas (principalmente hidrógeno) y polvo



PROTOESTRELLA
Duración: varios cientos de miles de años

Bola brillante de gas (principalmente hidrógeno)

Capullo natal (capa de polvo expulsado por radiación de la protoestrella)

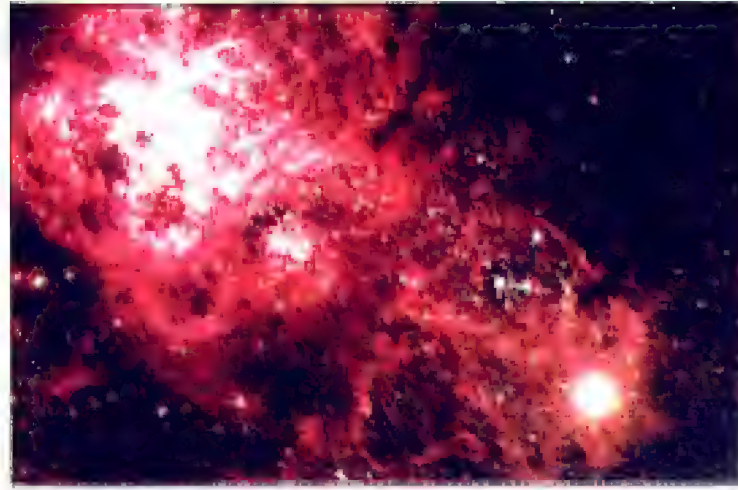


ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL
Duración: 10 millones de años

Estrella emitiendo energía debido a la fusión nuclear en su centro

Unos 3 millones de km

CARACTERÍSTICAS DE UNA SUPERNOVA



NEBULOSA DE LA TARÁNTULA
MOSTRANDO LA SUPERNOVA DE 1987

Gases eyectados (capas externas de la estrella expulsadas durante la explosión) viajan a velocidades de hasta 10.000 km/segundo

Onda de choque en propagación desde el núcleo hacia afuera a velocidades de hasta 30.000 km/segundo

Elementos químicos pesados dispersos en el espacio por la explosión

Onda de choque invertida que viaja hacia dentro, calienta los gases eyectados y los hace brillar

Núcleo en contracción constituido por restos de neutrones tras la explosión

Temperatura central de más de 10.000 millones de °C

Energía luminosa de 1.000 millones de soles emitida durante la explosión

Núcleo extremadamente denso (una cucharadita pesaría mil millones de toneladas)

Unos 10 km

Núcleo con masa de menos de tres masas solares

ESTRELLA DE NEUTRONES

Núcleo de masa superior a tres masas solares continúa contrayéndose hasta formar un agujero negro

Disco de acreción (ver glosario)

AGUJERO NEGRO

Capas externas de la estrella lanzadas hacia fuera en la explosión

Capas externas en expansión y enfriamiento

Núcleo central en contracción que puede quedar tras la supernova

SUPERGIGANTE ROJA

Duración: 4 millones de años

SUPERNOVA

Duración visible: 1-2 años

Estrellas de neutrones y hoyos negros

LAS ESTRELLAS DE NEUTRONES Y LOS HOYOS NEGROS se forman a partir de los núcleos estelares que quedan de la explosión de una supernova (págs. 82-83).

Si el resto del núcleo tiene una masa de una vez y media a tres veces la del Sol, se contraerá para formar un hoyo negro. Las estrellas de neutrones típicas tienen sólo unos diez kilómetros de diámetro, y están constituidas casi enteramente por unas partículas subatómicas llamadas neutrones. Estas estrellas son tan densas que una cucharadita de su materia pesaría cerca de mil millones de toneladas.

Las estrellas de neutrones se observan como pulsares, llamados así porque giran rápidamente y emiten dos haces de ondas de radio que barren el cielo y son detectados como pulsos muy breves. Los hoyos negros se caracterizan por su extremadamente fuerte fuerza gravitatoria, tan poderosa que ni siquiera la luz puede escapar de su atracción; como consecuencia, los hoyos negros son invisibles. Sin embargo, se pueden detectar si están acompañados de una estrella cercana. La gravedad del hoyo negro atrae el gas de la otra estrella, y forma un disco de acreción que gira a alta velocidad alrededor del hoyo negro, calentándose y emitiendo radiación. Al cabo del tiempo, la materia del disco se acerca lo suficiente al hoyo negro y atraviesa el horizonte de eventos (el borde del hoyo negro), desapareciendo del Universo visible.

PULSAR (ESTRELLA DE NEUTRONES EN ROTACIÓN)

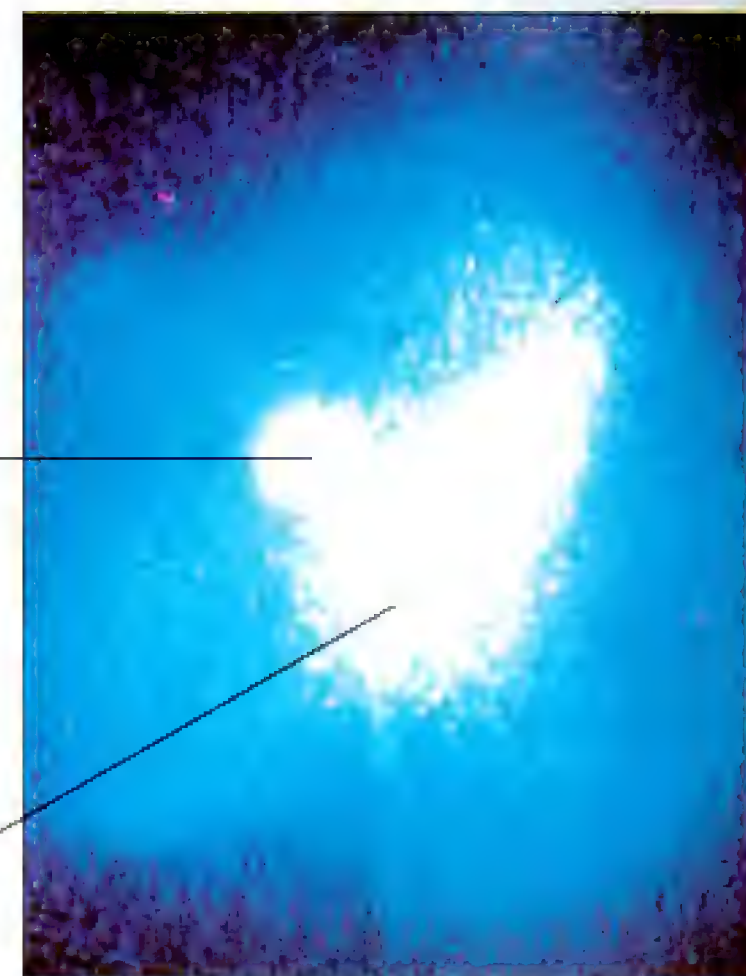
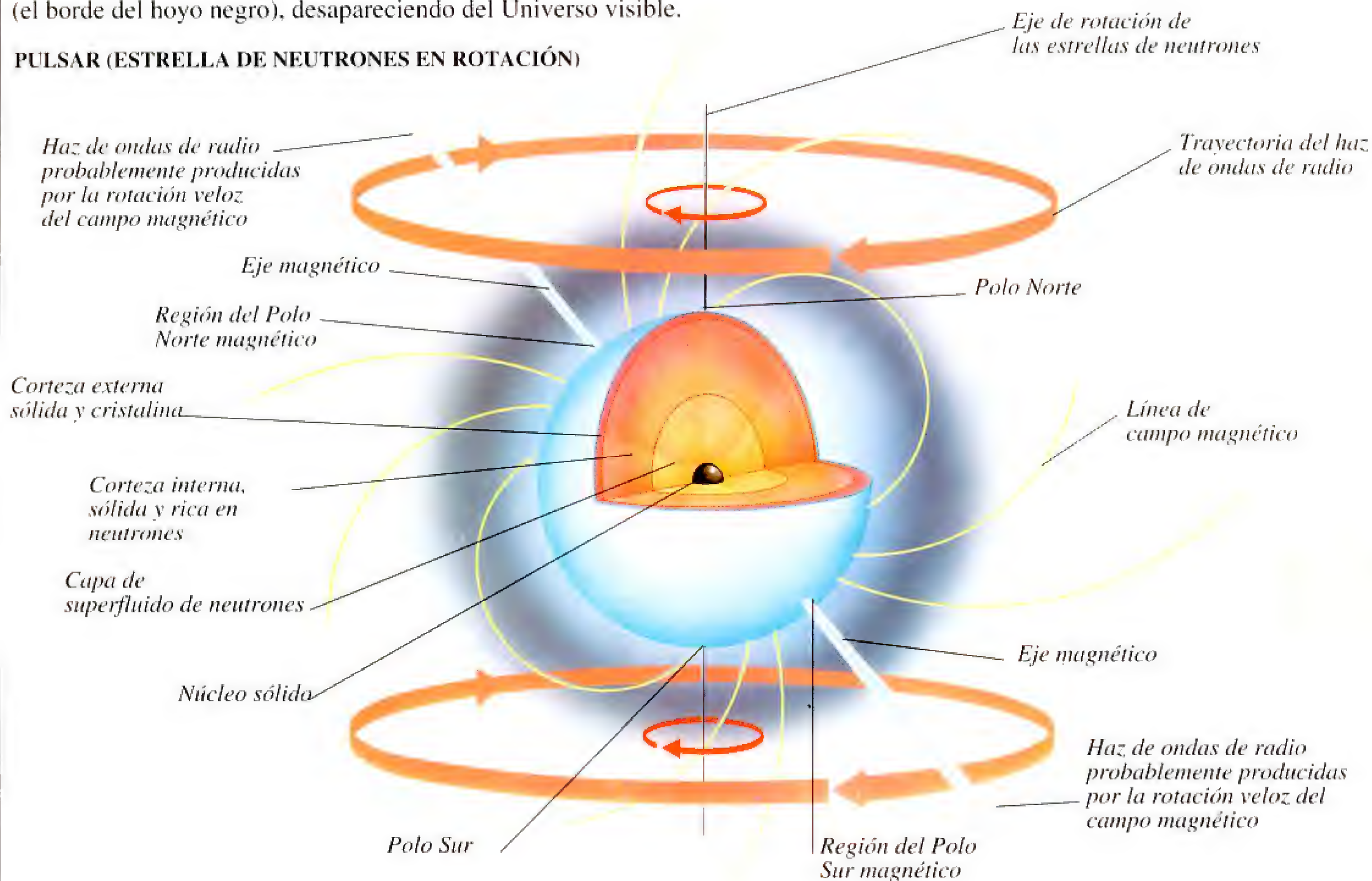
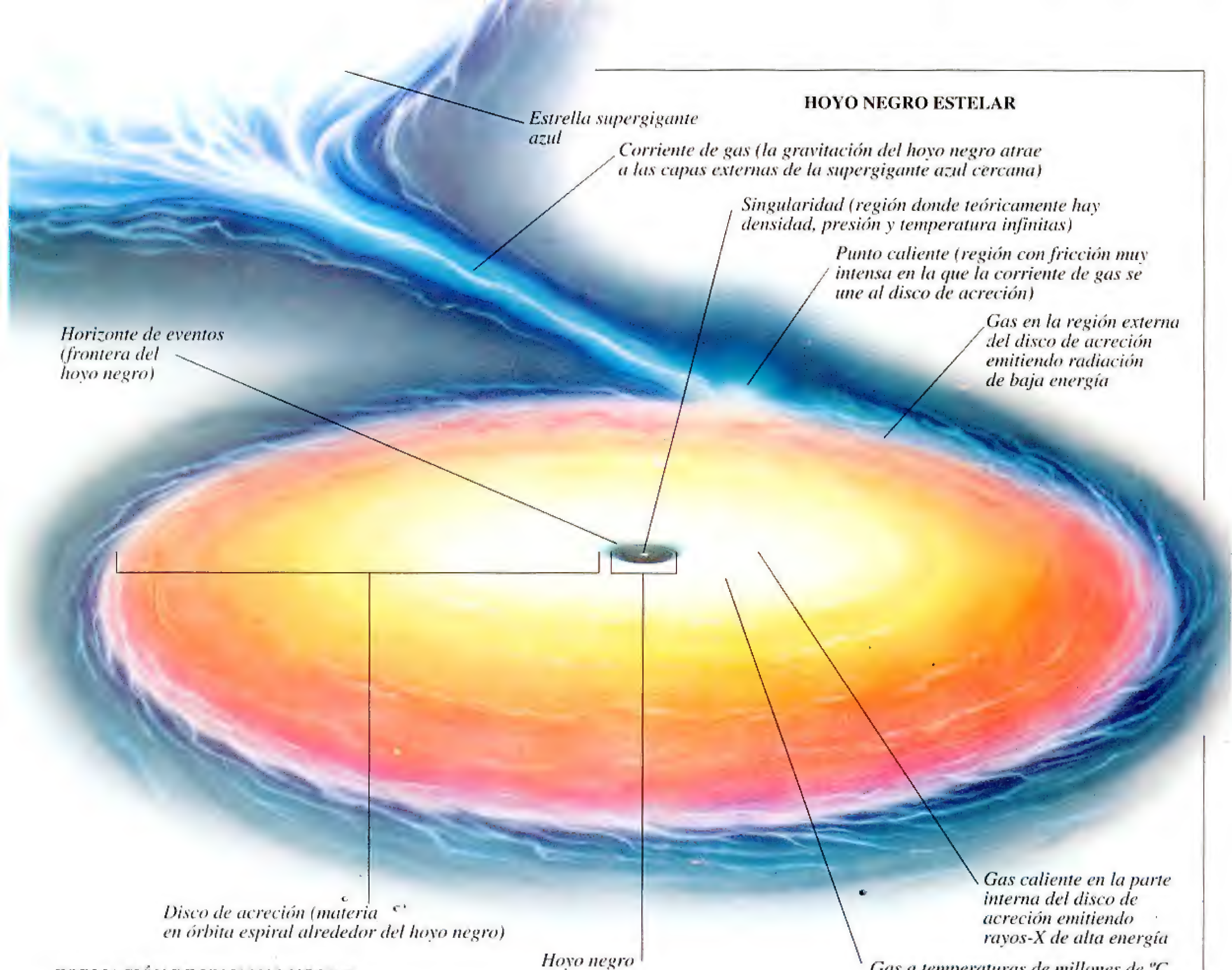


IMAGEN EN RAYOS-X DE LA NEBULOSA DEL CANGREJO (RESTO DE SUPERNOVA)



FORMACIÓN DE UN HOYO NEGRO



El Sistema Solar



EL SOL

EL SISTEMA SOLAR está constituido por una estrella central (el Sol) y los cuerpos que orbitan a su alrededor. Estos cuerpos incluyen nueve planetas y sus 61 lunas conocidas; asteroides; cometas y meteoroides. El Sistema Solar también contiene gas interplanetario y polvo. La mayoría de los planetas pertenece a dos grupos: cuatro pequeños planetas rocosos cercanos al Sol (Mercurio, Venus, Tierra y

Marte); y cuatro planetas más distantes, los gigantes de gas (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). Plutón no pertenece a ningún grupo, es muy pequeño, sólido y helado. Plutón es el planeta más exterior, excepto cuando pasa por el interior de la órbita de Neptuno. Entre los planetas rocosos y los gigantes de gas está el cinturón de asteroides, que contiene miles de pedazos de roca que orbitan en torno al Sol. La mayoría de los cuerpos del Sistema Solar gira en torno al Sol en órbitas elípticas situadas en un fino disco que pasa alrededor del ecuador solar. Todos los planetas giran alrededor del Sol en la misma dirección (con el movimiento contrario al de los punteros del reloj visto desde arriba) y todos, excepto Venus, Urano y Plutón, también giran en este sentido alrededor de sus ejes. Las lunas también giran sobre sus ejes mientras orbitan alrededor de sus planetas. Todo el Sistema Solar describe una órbita en torno al centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea (págs. 70-71).

ÓRBITA PLANETARIA



Afelio de Neptuno:
4.537 millones de km

ÓRBITAS DE LOS PLANETAS INTERIORES

Velocidad orbital media de Venus: 35,03 km/segundo

Velocidad orbital media de Mercurio: 47,89 km/segundo

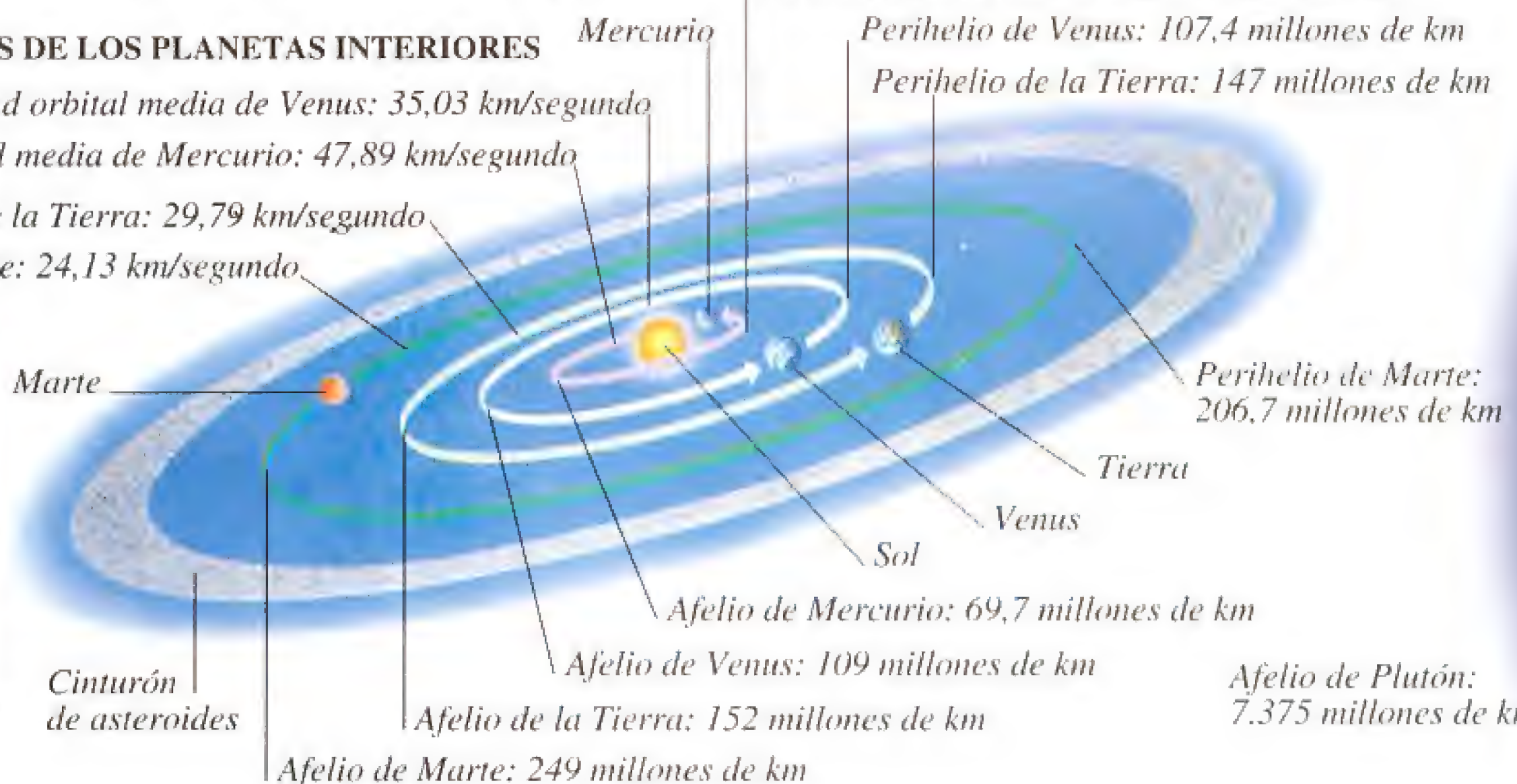
Velocidad orbital media de la Tierra: 29,79 km/segundo

Velocidad orbital media de Marte: 24,13 km/segundo



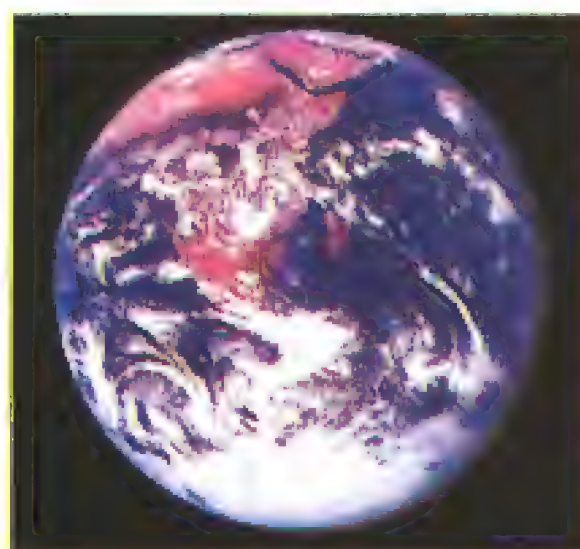
MERCURIO

Año: 87,97 días terrestres
Masa: 0,06 masas terrestres
Diámetro: 4.878 km



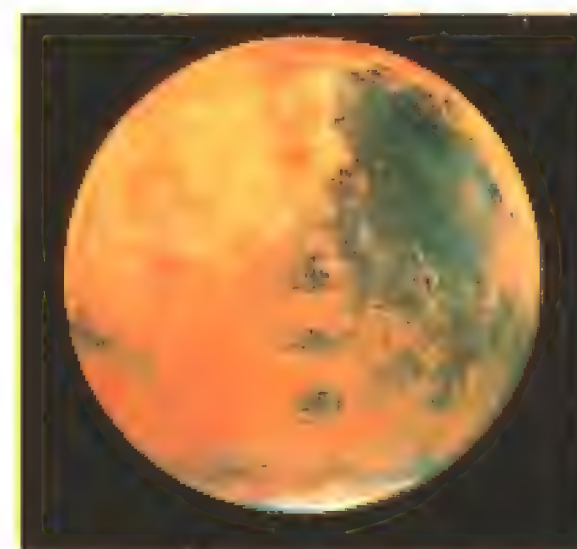
VENUS

Año: 224,7 días terrestres
Masa: 0,81 masas terrestres
Diámetro: 12.103 km



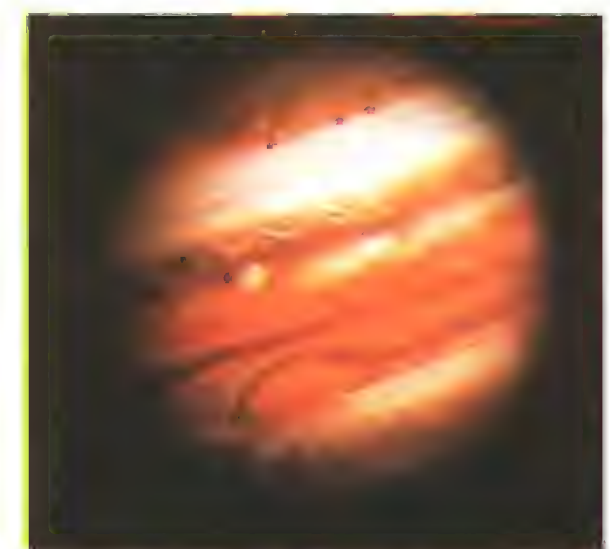
TIERRA

Año: 365,26 días
Masa: 1 masa terrestre
Diámetro: 12.756 km



MARTE

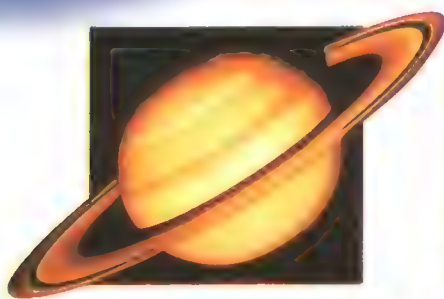
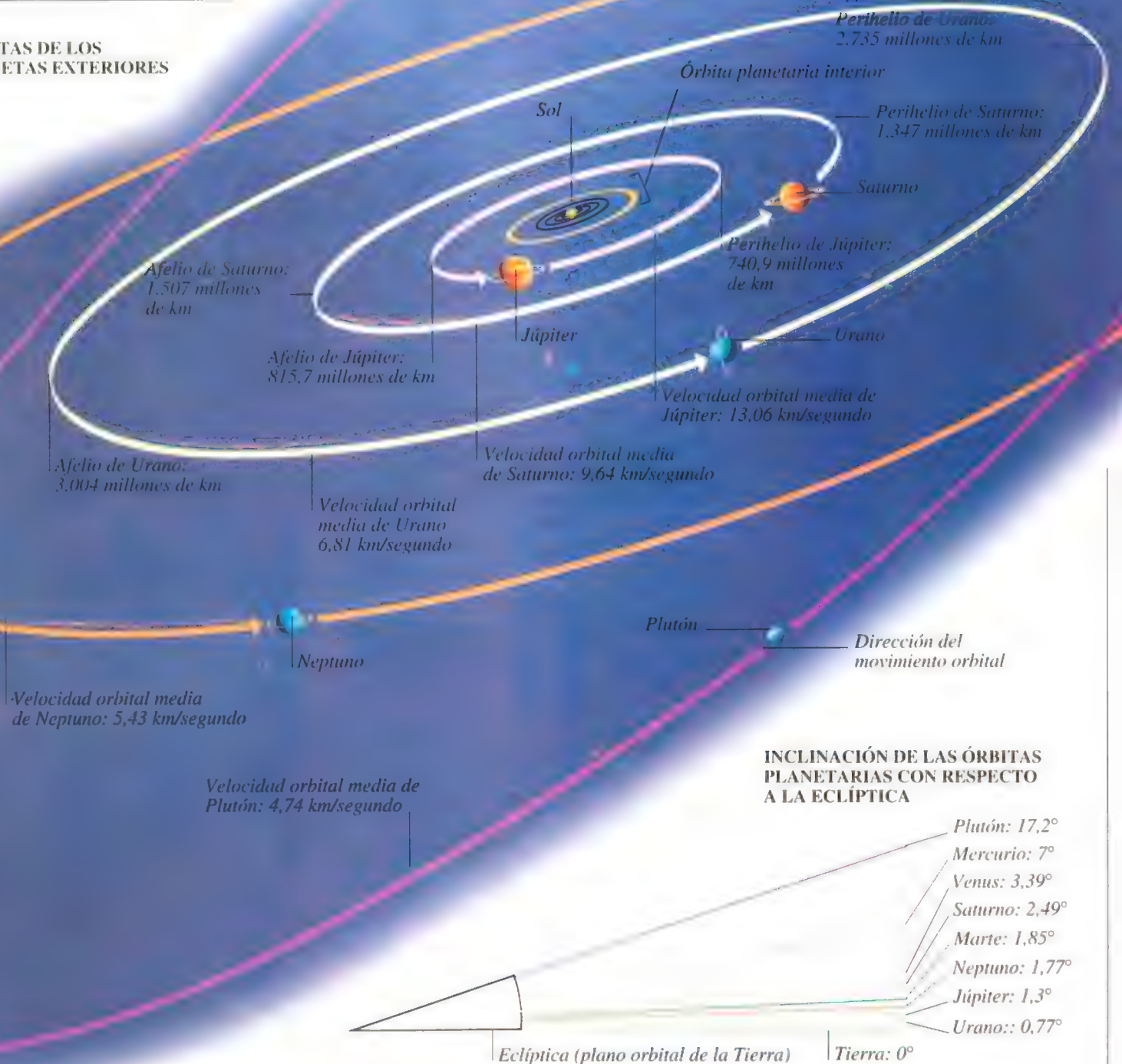
Año: 1,88 años terrestres
Masa: 0,11 masas terrestres
Diámetro: 6.786 km



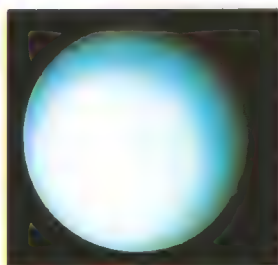
JÚPITER

Año: 11,86 años terrestres
Masa: 317,94 masas terrestres
Diámetro: 142.984 km

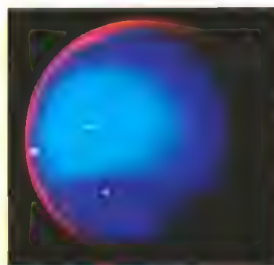
ÓRBITAS DE LOS PLANETAS EXTERIORES



SATURNO
 Año: 29,46 años terrestres
 Masa: 95,18 masas terrestres
 Diámetro: 120.536 km



URANO
 Año: 84,01 años terrestres
 Masa: 14,54 masas terrestres
 Diámetro: 51.118 km

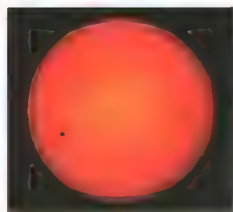


NEPTUNO
 Año: 164,79 años terrestres
 Masa: 17,14 masas terrestres
 Diámetro: 49.528 km



PLUTÓN
 Año: 248,54 años terrestres
 Masa: 0,0022 masas terrestres
 Diámetro: 2.300 km

El Sol



FOTOSFERA
SOLAR

EL SOL ES LA ESTRELLA DEL CENTRO del Sistema Solar. Tiene unos 5.000 millones de años y continuará brillando como hasta ahora durante unos 5.000 millones de años más. El Sol es una estrella de la secuencia principal (págs. 78-79) con un diámetro de 1,4 millones de kilómetros. Está compuesto casi enteramente por hidrógeno y helio. En el núcleo del Sol, el hidrógeno se convierte en helio por fusión nuclear, proceso en el que se libera energía. La energía se desprende del núcleo a través de zonas convectivas y radiativas, llega a la fotosfera (la superficie visible), y abandona el Sol en forma de luz y calor. En la fotosfera existen áreas generalmente oscuras y relativamente frías llamadas manchas solares que suelen aparecer en pares o grupos y que son causadas por los campos magnéticos. Otros tipos de actividades solares son erupciones, usualmente asociadas a las manchas solares, y protuberancias. Las erupciones son descargas súbitas de radiación de alta energía y partículas atómicas. Las protuberancias son como enormes lazos o filamentos de gas que se adentran en la atmósfera solar; algunas duran horas y otras, meses. Sobre la fotosfera está la cromosfera (atmósfera interior) y la extremadamente rara corona (atmósfera exterior), que se extiende en el espacio por millones de kilómetros. Las pequeñas partículas que escapan de la corona originan el viento solar, que viaja por el espacio a cientos de kilómetros por segundo. La cromósfera y la corona se pueden ver cuando la Luna eclipsa totalmente al Sol.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE

Anillo de gas (protuberancia en forma de arco)

Protuberancia (chorro de gas en el borde del disco solar de cientos de miles de km de altura)

Espícula (chorro vertical de gas)

Fotosfera (superficie visible)

Cromosfera (atmósfera interior)

CÓMO SE PRODUCE UN ECLIPSE SOLAR



ECLIPSE SOLAR TOTAL

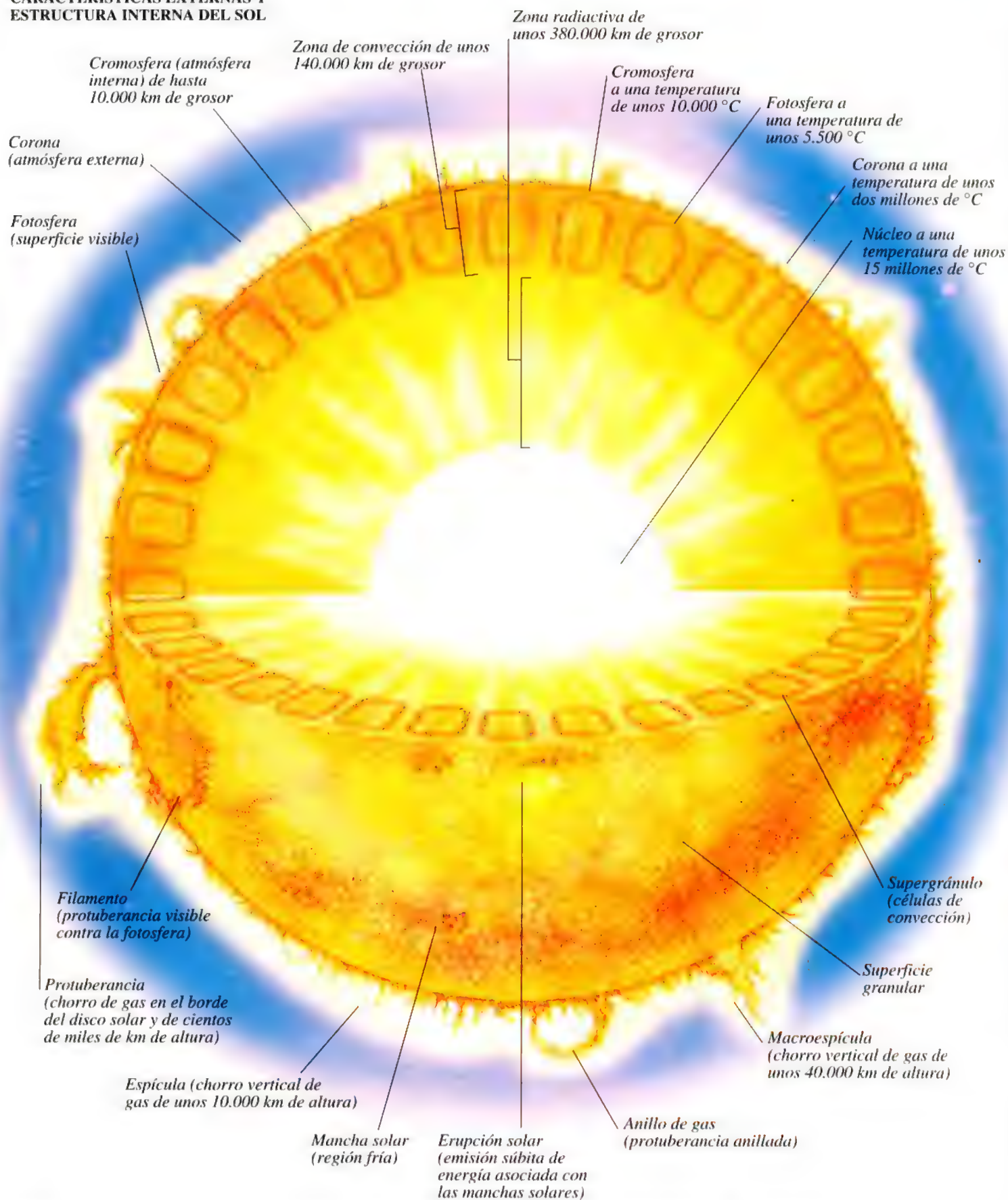
Corona (atmósfera externa de gas extremadamente caliente y difuso)

La Luna cubre al disco solar

MANCHAS SOLARES



CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DEL SOL



Mercurio



MERCURIO

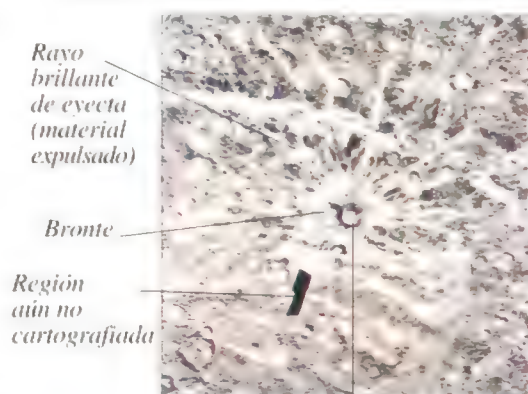
MERCURIO ES EL PLANETA MAS CERCANO al Sol, y describe su órbita a una distancia media de cerca de 58 millones de kilómetros. Porque es el planeta más cercano al Sol, se mueve más rápido que cualquier otro, a una velocidad promedio de 48 kilómetros por segundo, y completa su órbita en poco menos de 88 días. Mercurio es muy pequeño (sólo Plutón es menor) y rocoso. La mayor parte de la superficie está perforada por el impacto de meteoritos, aunque también hay zonas llanas con pocos cráteres. La Fosa de Caloris

es el mayor cráter, mide aproximadamente 1.300 kilómetros de diámetro. Se cree que se formó cuando una roca del tamaño de un meteorito chocó con el planeta, y está rodeada por unos anillos concéntricos de montañas provocados por el impacto. La superficie también tiene gargantas (llamadas cañones) que tal vez se formaron cuando se enfrió y contrajo el núcleo caliente del joven planeta, hace más de 4.000 millones de años, deformando así su superficie. El planeta gira muy lentamente alrededor de su eje: le toma casi 59 días terrestres completar una rotación. Como resultado, un día solar (el intervalo entre una salida del Sol y la siguiente) en Mercurio dura aproximadamente 176 días terrestres, dos veces más que el año de Mercurio, de 88 días. Mercurio tiene temperaturas superficiales extremas, que van desde una máxima de 430 °C en el lado iluminado por el Sol, a -170 °C en el lado oscuro. En el crepúsculo, la temperatura desciende muy rápidamente porque en este planeta casi no existe atmósfera. Ella consiste solamente en una reducida cantidad de hidrógeno y helio capturados del viento solar, con algunas trazas de otros gases.

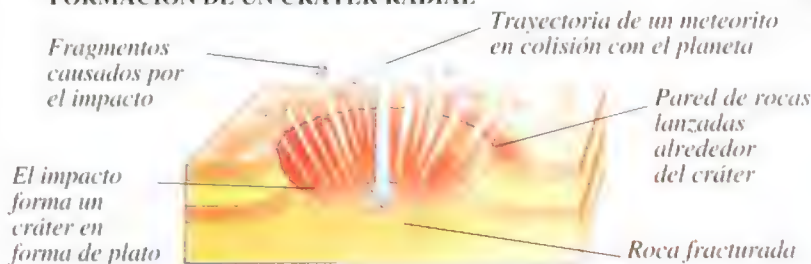
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE MERCURIO



DEGAS Y BRONTE (CRÁTERES RADIALES)

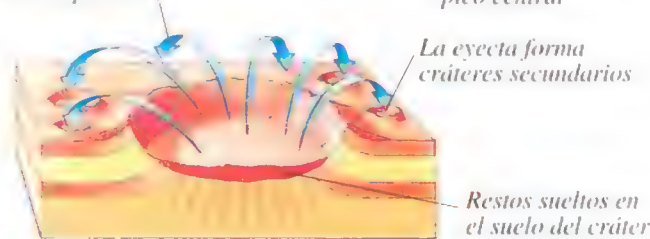


FORMACIÓN DE UN CRÁTER RADIAL

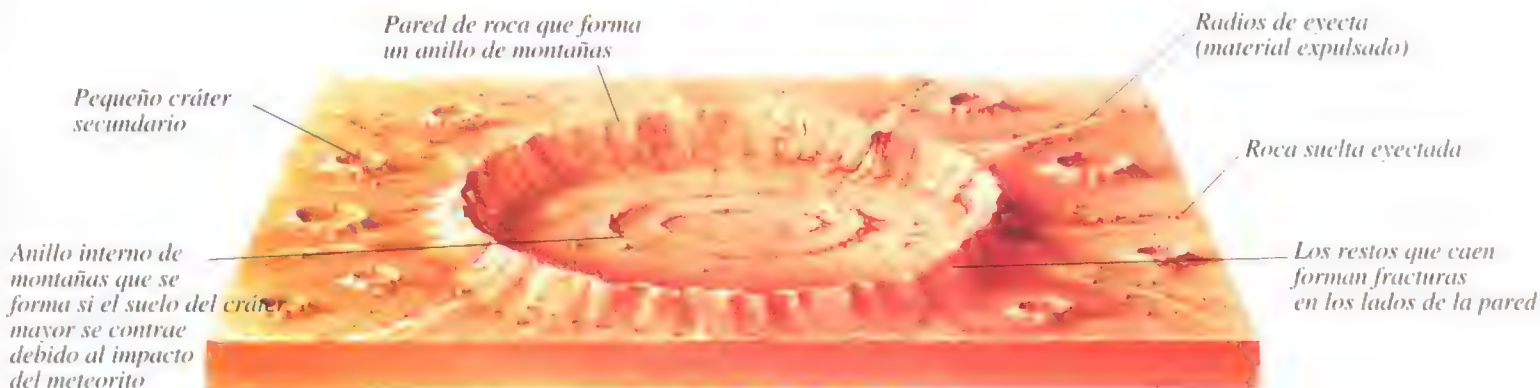


IMPACTO DE METEORITO

Trayectoria de la eyecta rocosa (material expulsado)



FORMACIÓN DE CRÁTERES SECUNDARIOS



CRÁTER RADIAL

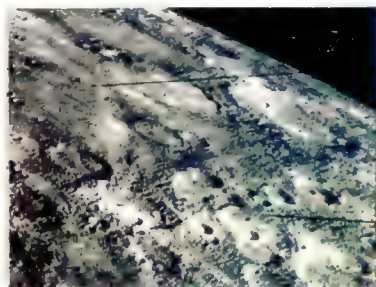
COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Componentes secundarios:
sodio y oxígeno

Trazas de neón, argón
y potasio

Componentes principales:
helio e hidrógeno

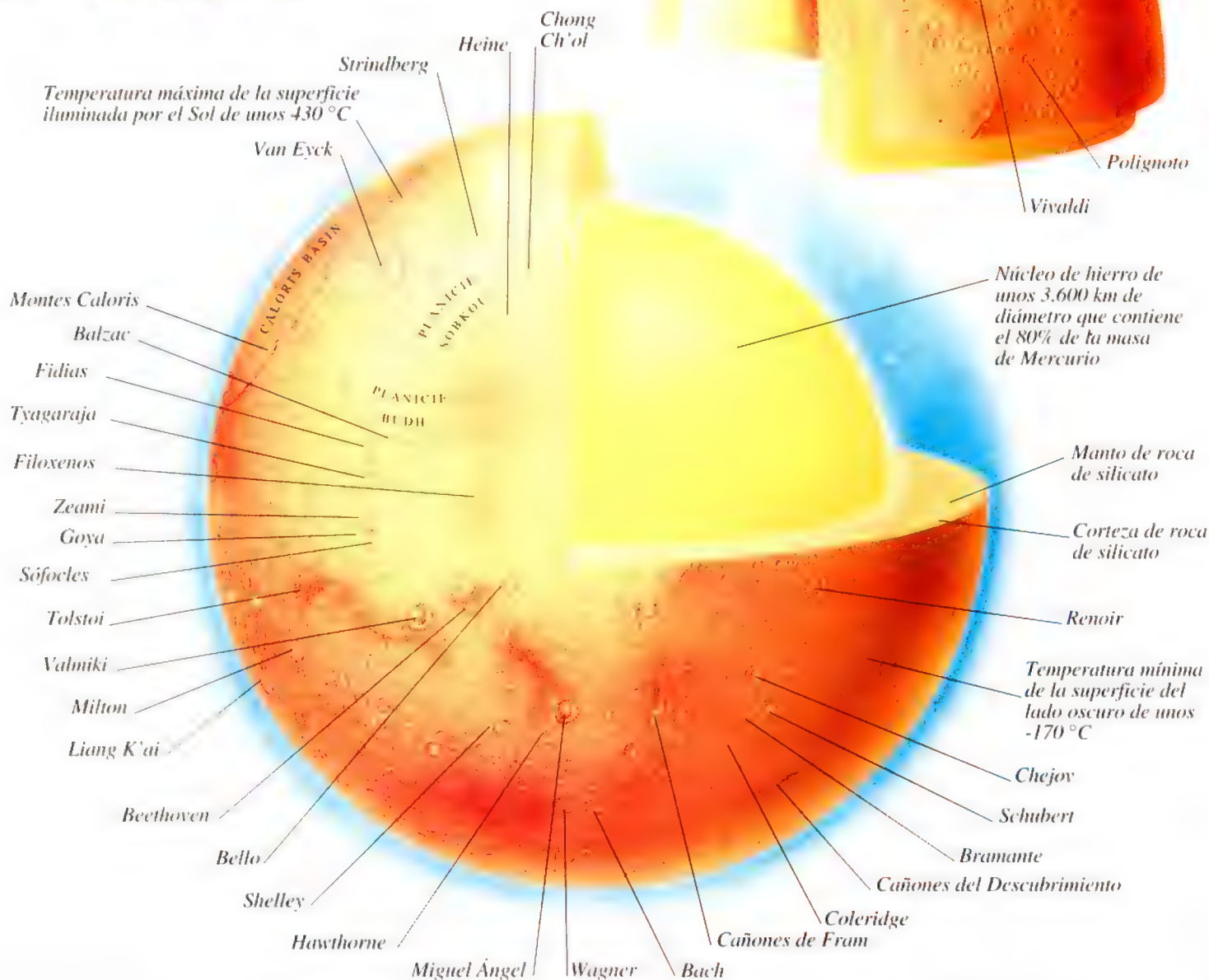
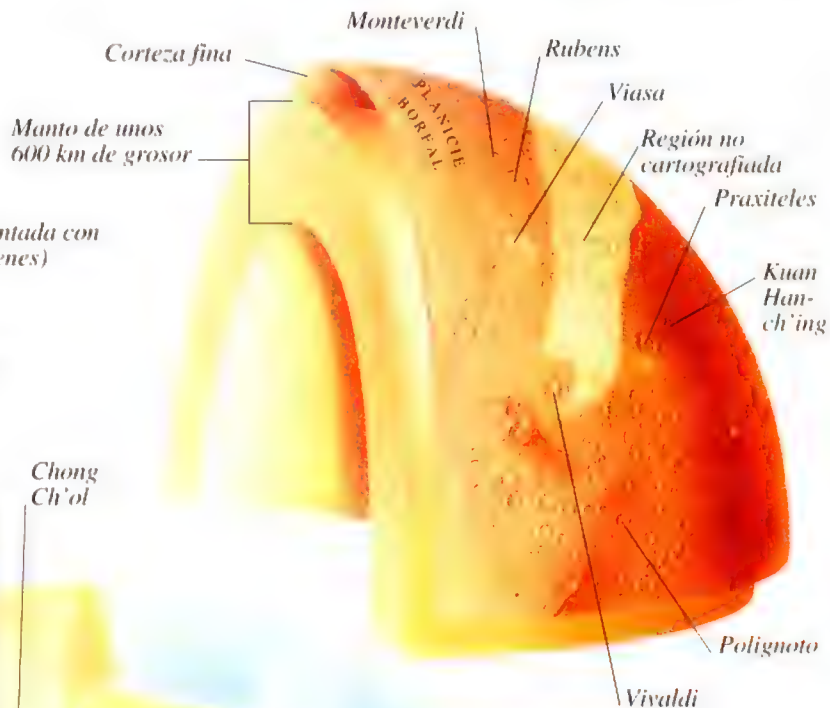
CRÁTERES Y LLANURAS CERCA DEL POLO NORTE DE MERCURIO



Planicie Boreal
(llanura poco accidentada con
algunos cráteres jóvenes)

Terreno con muchos
cráteres antiguos

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE MERCURIO



Venus

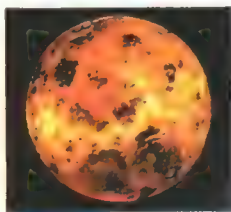


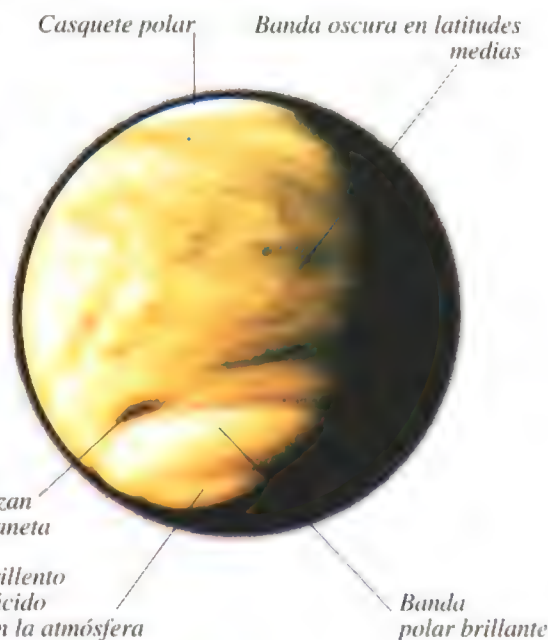
IMAGEN DE VENUS
OBTENIDA POR RADAR

VENUS ES UN PLANETA ROCOSO y el segundo en distancia del Sol. Gira lentamente hacia atrás a medida que describe su órbita alrededor del Sol, lo cual hace que su período de rotación sea el más largo del Sistema Solar: unos 243 días terrestres. Venus es un poco más pequeño que la Tierra y probablemente tiene una estructura interna similar, compuesta por un núcleo metálico semisólido rodeado por una corteza y un manto rocoso. Venus es el objeto más brillante en el cielo, después del Sol y la Luna, debido a que su atmósfera refleja la luz solar muy fuertemente. El componente principal de su atmósfera es el anhídrido carbónico, que guarda el calor con un efecto invernadero mucho más fuerte que el de la Tierra. En consecuencia, Venus es el planeta más caliente, con una temperatura máxima en su superficie de unos 480 °C. Gruesas capas de nubes contienen gotitas de ácido sulfúrico y giran alrededor del planeta impulsadas por vientos de hasta 360 kilómetros por hora. Aunque el planeta tarda 243 días de la Tierra en completar cada rotación alrededor de su eje, los fuertes vientos hacen que las capas de nubes den la vuelta al planeta en tan sólo cuatro días terrestres. Las altas temperaturas, las nubes ácidas, y la enorme presión atmosférica (cerca de 90 veces la de la Tierra en la superficie) hacen que el ambiente sea extremadamente hostil. A pesar de ello, ha habido sondas espaciales que han alcanzado la superficie de Venus y fotografiado su superficie seca y polvorienta. La superficie de Venus también ha sido cartografiada por sondas equipadas con radar que pueden "ver" a través de las nubes. Estos mapas de radar muestran un terreno lleno de cráteres, montañas, volcanes, y áreas donde el interior de los cráteres ha sido cubierto por lava volcánica solidificada. Hay dos grandes mesetas llamadas Terra de Afrodita y Terra de Ishtar.

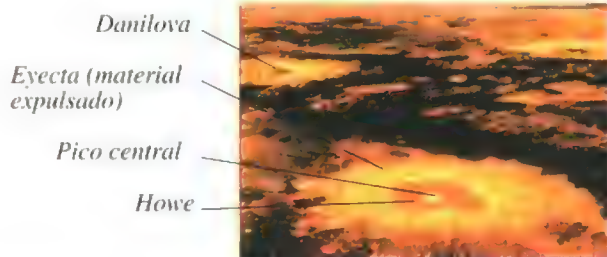
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE VENUS



CARACTERÍSTICAS DE LAS NUBES



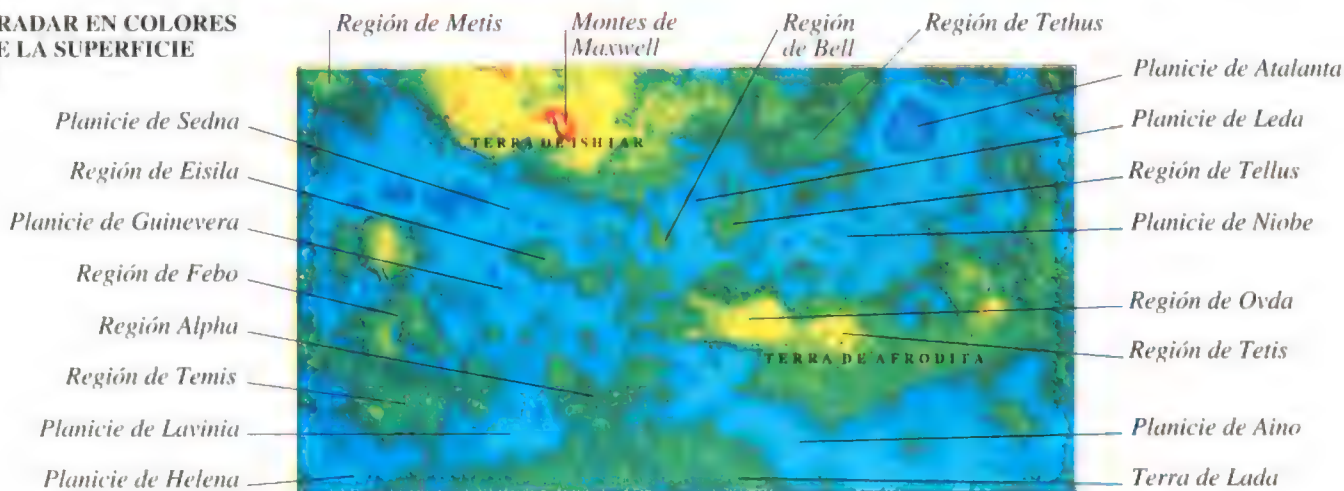
CRÁTERES DE VENUS



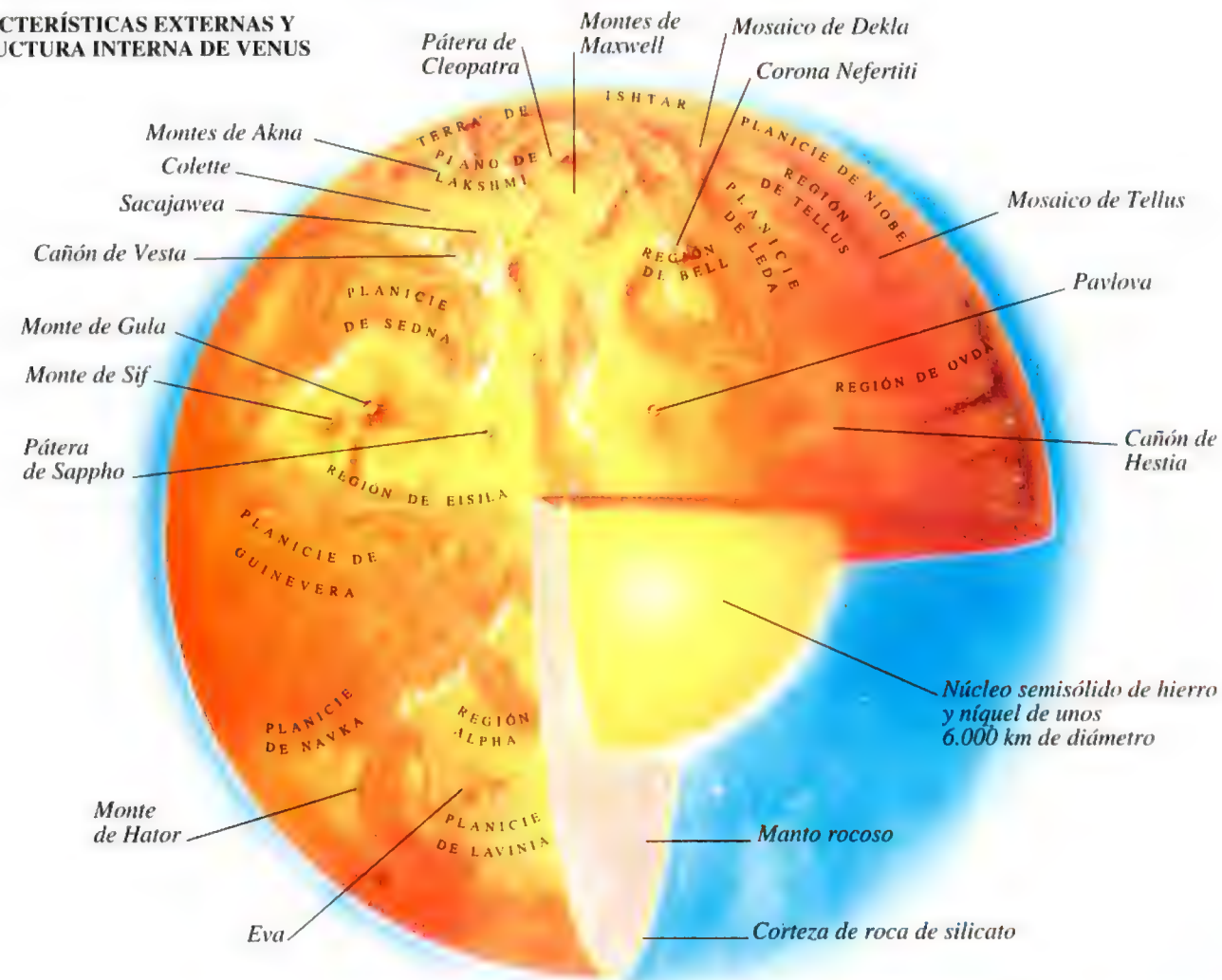
Marcas en las nubes a las que vientos de hasta 360 km/h desplazan alrededor del planeta

Tono amarillento debido al ácido sulfúrico en la atmósfera

MAPA DE RADAR EN COLORES FALSOS DE LA SUPERFICIE DE VENUS

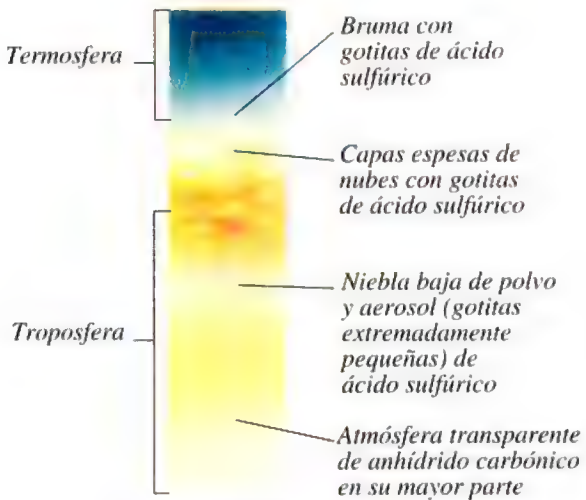


CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE VENUS



ATMÓSFERA

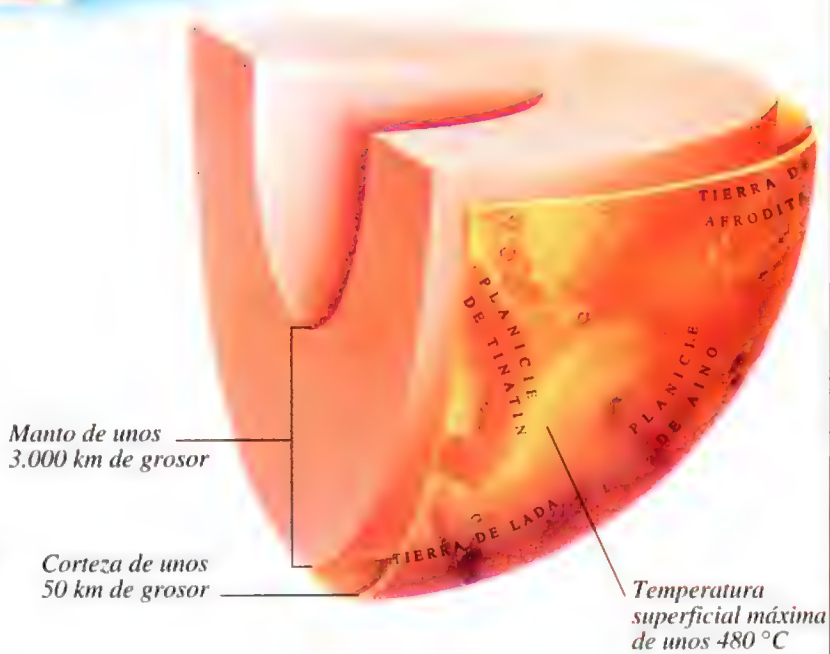
ESTRUCTURA



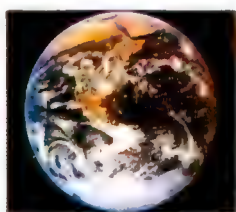
Dióxido de carbono: 96%

Nitrógeno: 3,5%

Monóxido de carbono, argón
dióxido de azufre y vapor de agua: 0,5%



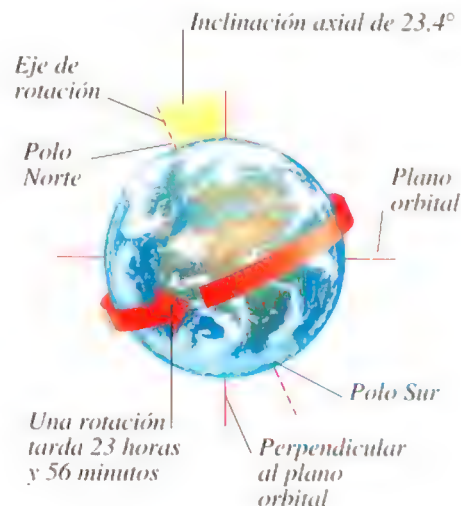
La Tierra



LA TIERRA

LA TIERRA ES EL TERCER planeta a partir del Sol. Es el planeta rocoso mayor y más denso y el único donde se sabe que hay vida. El interior rocoso y metálico de la Tierra es típico de los planetas rocosos, pero su corteza es poco común ya que está constituida por placas separadas que se mueven lentamente. Los terremotos y la actividad volcánica se producen en las zonas donde chocan las placas. La atmósfera de la Tierra actúa como un escudo protector: bloquea la radiación nociva del Sol, impide que los meteoritos lleguen a la superficie del planeta y conserva el calor lo suficiente como para que no se produzcan fríos extremos. Alrededor del 70 por ciento de la superficie de la Tierra está cubierto de agua, que no se encuentra de forma líquida en la superficie de ningún otro planeta. La Tierra tiene un satélite natural, la Luna, suficientemente grande como para que los dos cuerpos se consideren como un sistema planetario doble.

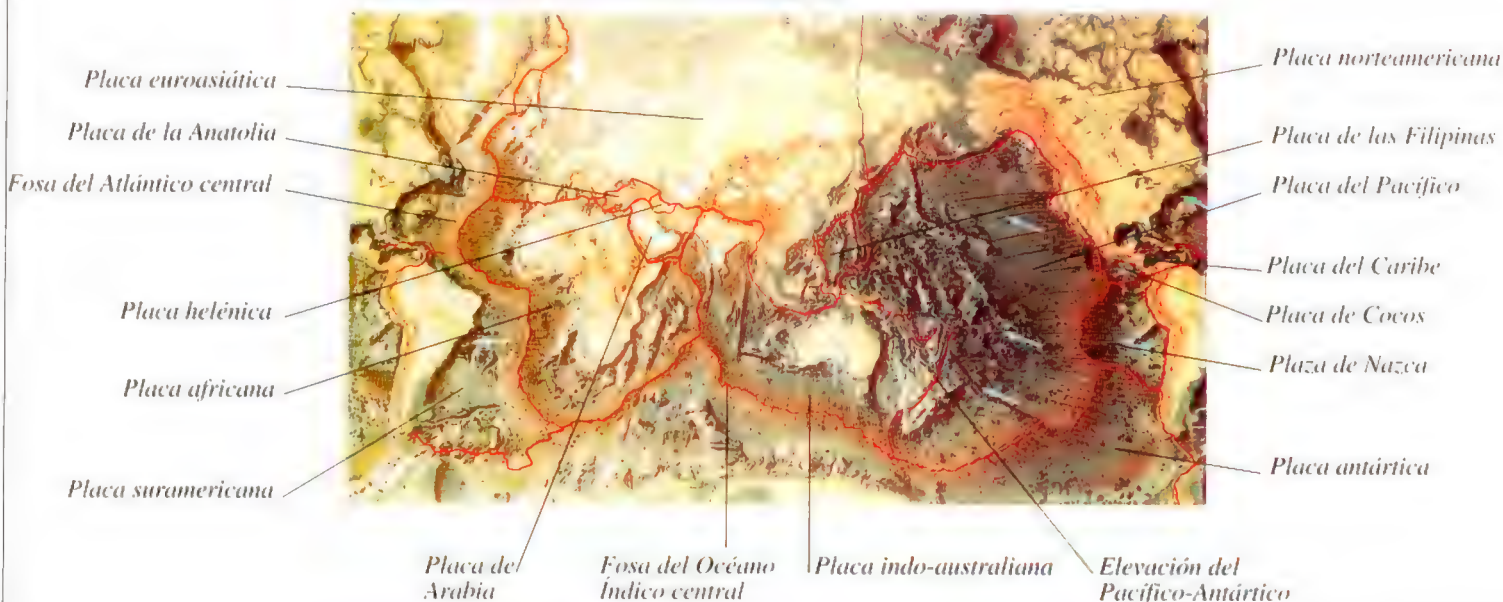
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE LA TIERRA



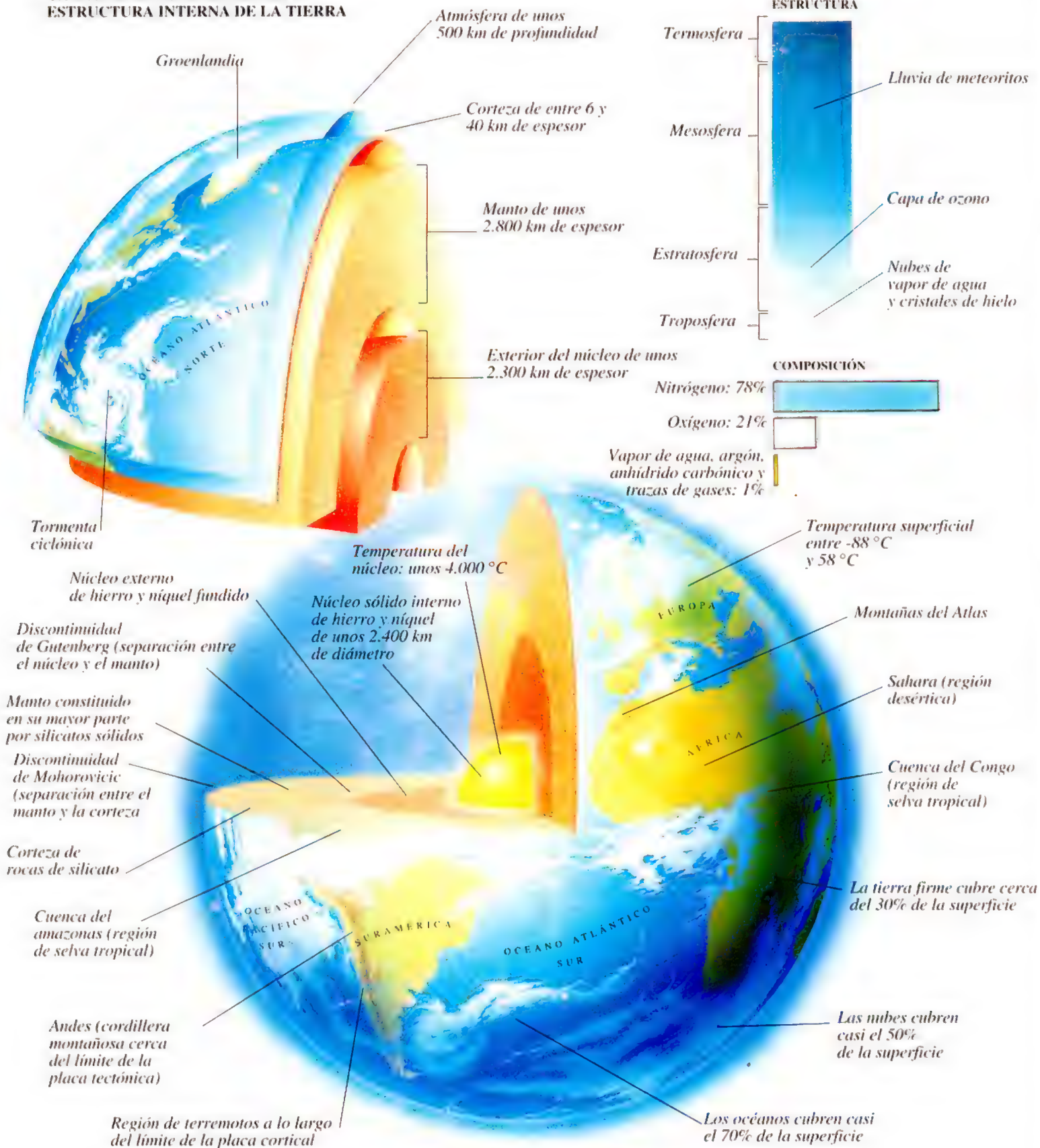
LA TIERRA VISTA DESDE UN SATELITE (NO SE MUESTRA LA ATMÓSFERA)



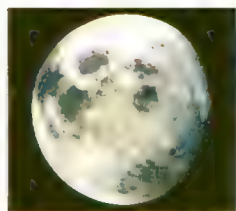
TOPOGRAFÍA DE LA CORTEZA TERRESTRE



CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA



La Luna



LA LUNA VISTA
DESDE LA TIERRA

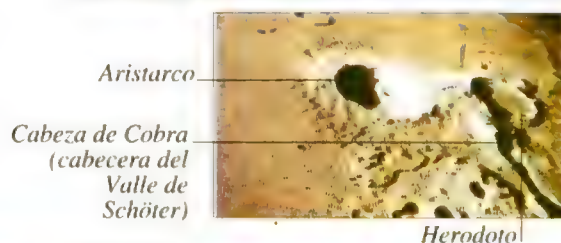
LA LUNA ES EL ÚNICO satélite natural de la Tierra. Para ser un satélite es relativamente grande, con un diámetro de cerca de 3.470 kilómetros, un cuarto del de la Tierra. La Luna tarda lo mismo en girar sobre su eje que en dar la vuelta alrededor de la Tierra (27,3 días); por eso, siempre vemos el mismo lado de ella (la cara visible). Sin embargo, la cantidad de superficie que vemos, la fase de la Luna, depende de qué fracción de la cara visible recibe luz del Sol.

La Luna es seca y árida, sin atmósfera ni agua. Está constituida principalmente por roca sólida, aunque su centro podría contener roca o hierro fundido. La superficie es polvorienta, con mesetas cubiertas por cráteres causados por el impacto de meteoritos, y depresiones en las que cráteres enormes han sido rellenados por lava solidificada formando áreas oscuras que se conocen como mares. La mayoría de los mares están en la cara visible, que tiene una corteza más delgada que la cara oculta. Muchos de los cráteres están rodeados por cordilleras que forman las paredes del cráter y que pueden alcanzar alturas de miles de metros.

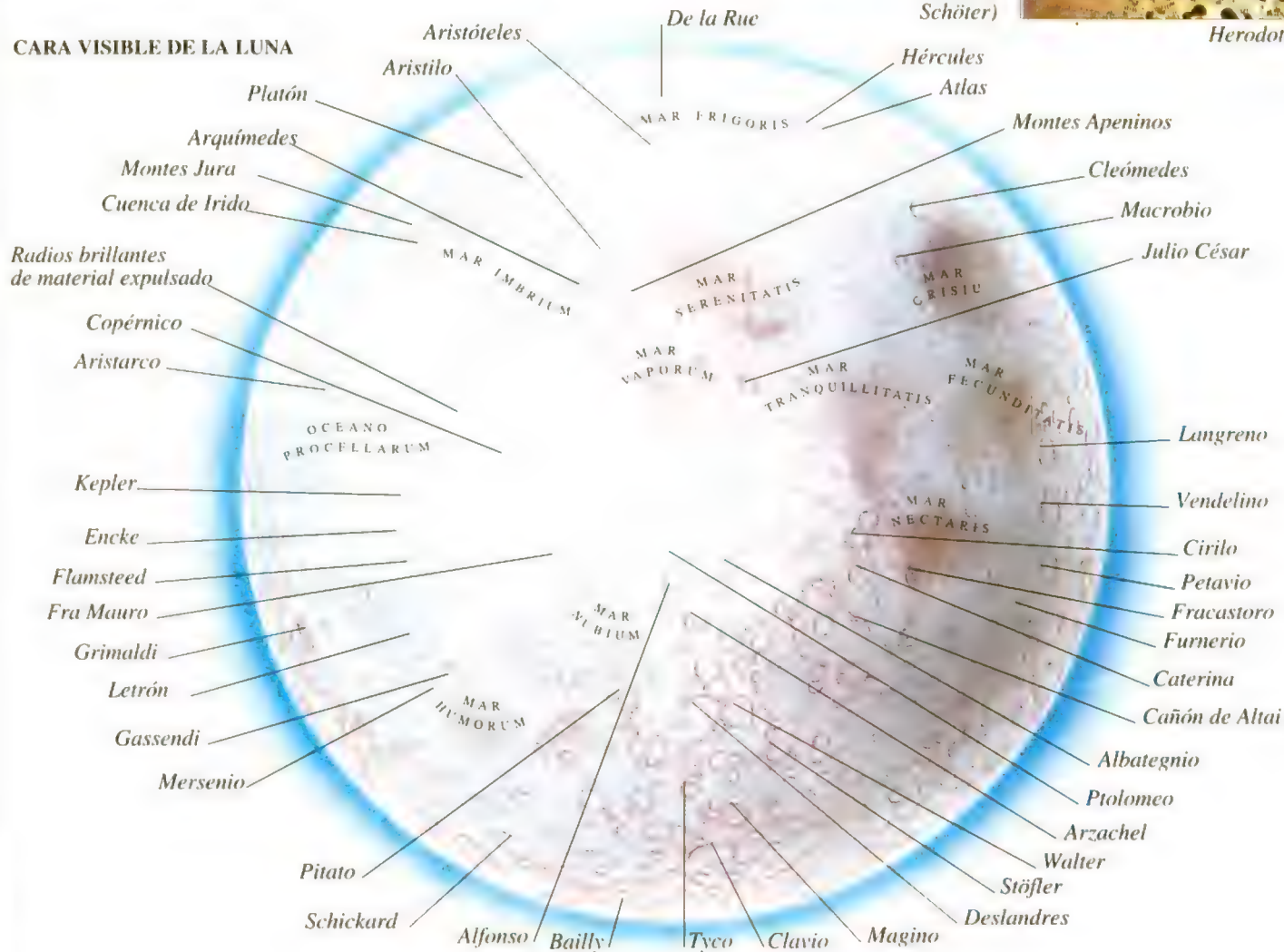
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE LA LUNA



CRÁTERES DEL OCEANO DE LAS TEMPESTADES



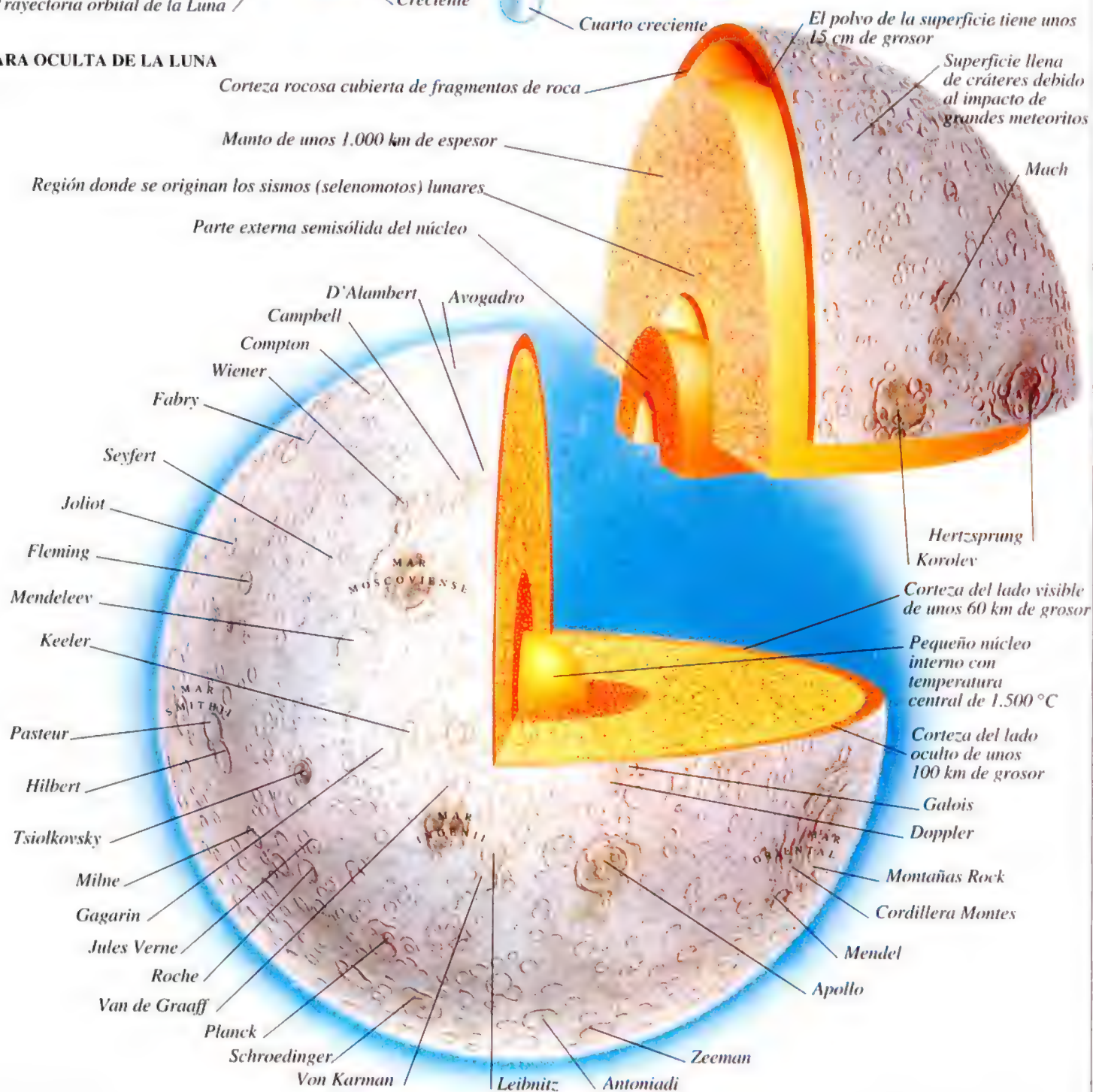
CARA VISIBLE DE LA LUNA



FASES DE LA LUNA



CARA OCULTA DE LA LUNA



Marte

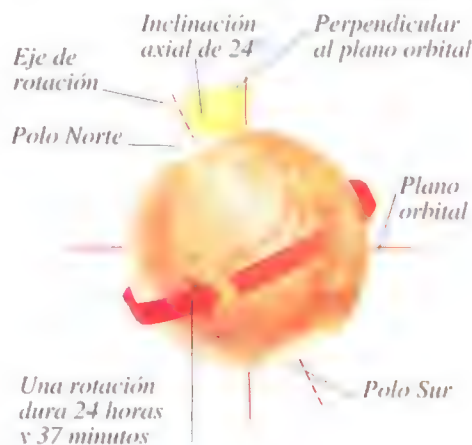


MARTE

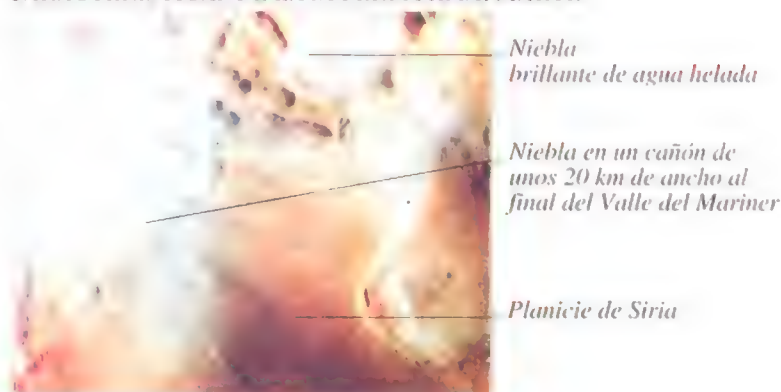
MARTE, CONOCIDO COMO EL PLANETA ROJO, es el cuarto planeta a partir del Sol y el planeta rocoso más externo. En el siglo XIX, los astrónomos observaron lo que creyeron que eran signos de vida en Marte. Estos signos incluían marcas que tenían la apariencia de canales, y manchas oscuras que parecían ser vegetación. Ahora se sabe que los "canales" eran ilusiones ópticas, y que las manchas oscuras son áreas donde el polvo rojo que cubre la mayor parte del planeta ha

desaparecido por el viento. Con frecuencia, las finas partículas de polvo de la superficie son agitadas por el viento y se forman tormentas de polvo que a veces oscurecen toda la superficie. El polvo residual en la atmósfera de Marte le da su tono rojizo. En el hemisferio norte de Marte existen muchas planicies extensas formadas por lava volcánica solidificada, mientras que el hemisferio sur tiene muchos cráteres y grandes fosas de impacto. Existen también varios volcanes muy grandes y extintos, entre ellos el Monte Olimpo, que mide 600 kilómetros en su base y 25 kilómetros de altura, el volcán más grande que se conoce en el Sistema Solar. La superficie también tiene muchos cañones y canales con ramificaciones. Los cañones se formaron por movimientos en la corteza del planeta, pero los canales se cree que fueron formados por agua corriente que ahora se secó. La atmósfera marciana es mucho más densa que la terrestre, con sólo algunas nubes y nieblas matinales. Marte tiene dos pequeñas lunas con forma irregular, Fobos y Deimos. Sus reducidas dimensiones indican que puede tratarse de asteroides capturados por la gravedad de Marte.

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE MARTE



CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DE MARTE



LABERINTO DE LA NOCHE (SISTEMA DE CAÑONES)

Caldera elevada constituida por cráteres volcánicos superpuestos y colapsados

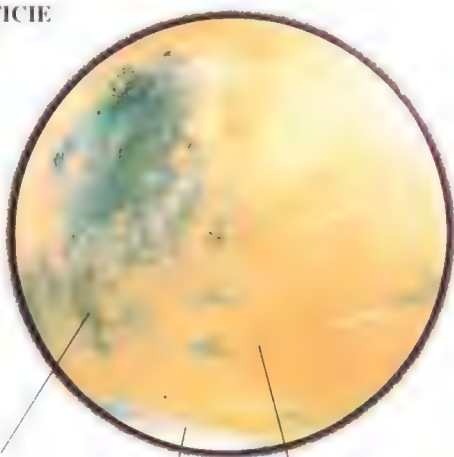
Cráter

Pendiente suave producida por una corriente de lava

Formación de nubes

MONTE OLIMPO (VOLCÁN EXTINTO DE ESCUDO)

LA SUPERFICIE DE MARTE

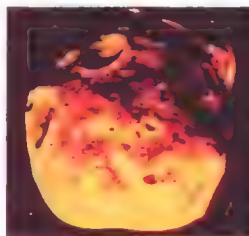


Área oscura donde el polvo ha desaparecido por acción del viento

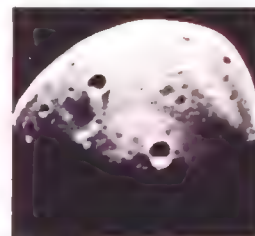
Casquete polar sur de hielo

Superficie cubierta por polvo rojo de óxido de hierro

LUNAS DE MARTE



FOBOS
Diámetro medio: 22 km
Distancia media al planeta: 9.400 km



DEIMOS
Diámetro medio: 13 km
Distancia media al planeta: 23.500 km

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE MARTE

ESTRUCTURA INTERNA:

- Casquete polar norte de hielo y dióxido de carbono congelado
- DESERTIO BOREAL
- Fosa de Tempe
- Fosa de Mareotis
- Tholus de Urano
- Fosa de Tántalo
- Fosa de Alba
- Pátera de Alba
- Milankovic
- PLANICIE DE ARCADIA
- Ceraunio
- Tarsis
- Superficie roja y rocosa
- Agua helada, subsuelo congelado (permanente)
- Núcleo sólido y rocoso de unos 2.500 km de diámetro
- Manto de roca silícea
- Fosa de Thaumasia
- Casquete polar sur de dióxido de carbono congelado y hielo
- Manto de unos 2.000 km de grosor
- Corteza de 40-50 km de grosor
- Atmósfera poco densa, de anhídrido carbónico en su mayor parte
- Laberinto de la Noche
- Monte del Pavo
- Monte de Ascreo
- Monte de Arsia

ESTRUCTURA EXTERNA:

- Nubes de condensación de vapor de agua de tipo cirro
- Tormenta de polvo
- Ramificación de canales, posiblemente formados por corrientes de agua
- Valle de Mariner (sistema de cañones más de 4.000 km de largo y una profundidad media de 6 km)
- Abismo de Coprates
- Temperatura media en la superficie de unos -40°C
- Holden
- Ritchey
- Darwin
- Formación de nubes
- Lampland
- Slifer
- Lowell
- PLANICIE DE ARGIRA
- CUENCA DE LAS PERLAS
- LLANURA DORADA
- PLANICIE DE ACIDALIA

ATMÓSFERA ESTRUCTURA:

- Termosfera
- Estratosfera
- Troposfera
- Nubes finas de dióxido de carbono congelado
- Nubes aisladas y niebla de vapor de agua helado
- Polvo rojo, rico en hierro

COMPOSICIÓN:

- Anhídrido carbónico: 95%
- Nitrógeno: 2,7%
- Argón: 1,6%
- Oxígeno, monóxido de carbono y vapor de agua: 0,7%

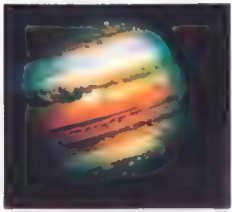
Monte de Arsia

COMPOSICIÓN

1

10

Júpiter



JÚPITER

JÚPITER ES EL QUINTO PLANETA a partir del Sol y el primero de los cuatro gigantes de gas. Es el planeta más grande y con mayor masa, con un diámetro de cerca de once veces el de la Tierra, y una masa de unas 2,5 veces la masa de los otros ocho planetas. Se piensa que Júpiter tiene un pequeño núcleo rocoso rodeado por un manto interno de hidrógeno metálico (hidrógeno líquido que se comporta como un metal). Rodeando este manto interno hay un manto de hidrógeno y helio líquidos que se extiende hasta la atmósfera gaseosa y se mezcla con ella. La rápida velocidad de rotación de Júpiter hace que las nubes en su atmósfera formen cinturones y zonas que rodean al planeta en forma paralela a su ecuador. Los cinturones son capas de nubes relativamente calientes, oscuras y baja altura. Las zonas son capas de nubes brillantes, altas y frías. Entre los cinturones y las zonas, la turbulencia da lugar a la formación de estructuras nebulares, como óvalos blancos y manchas rojas que son enormes sistemas de tormentas. La estructura nebular más notable es una tormenta llamada Gran Punto Rojo, que consiste en una columna de nubes en forma de espiral tres veces mayor que la Tierra, que se eleva cerca de ocho kilómetros por sobre la capa de nubes. Júpiter tiene además un fino anillo principal, en el interior del cual existe un tenue halo de finas partículas que se extienden en dirección al planeta. Se conocen 16 lunas de Júpiter. Las cuatro más grandes (llamadas galileanas) son Ganimedes, Calisto, Io y Europa. Ganimedes y Calisto tienen una superficie llena de cráteres y hielo. Europa es lisa, helada y podría contener agua. Io está cubierta de manchas rojo claro, naranjas y amarillas. Estos colores se deben al material sulfuroso que se desprende de sus volcanes activos que lanzan lava a cientos de kilómetros sobre la superficie.

ANILLOS DE JÚPITER

Anillo principal

Halo

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE JÚPITER

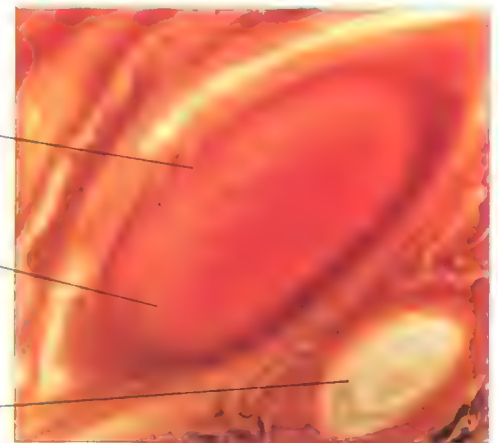


GRAN PUNTO ROJO Y ÓVALO BLANCO

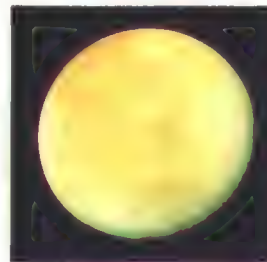
Gran Punto Rojo
(sistema anticiclónico de tormentas)

Color rojo probablemente debido al fósforo

Óvalo blanco
(sistema temporal de tormentas anticiclónicas)



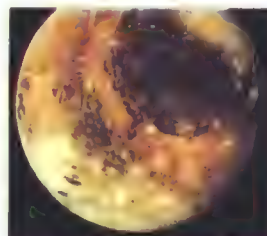
LUNAS GALILEANAS DE JÚPITER



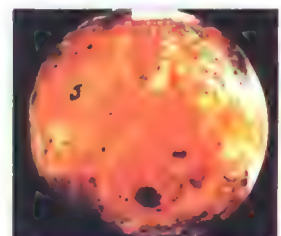
EUROPA
Diámetro: 3.138 km
Distancia media al planeta: 670.900 km



CALISTO
Diámetro: 4.800 km
Distancia media al planeta: 1.880.000 km



GANIMEDES
Diámetro: 5.262 km
Distancia media al planeta: 1.070.000 km



IO
Diámetro: 3.642 km
Distancia media al planeta: 421.800 km

CARÁCTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE JÚPITER

ATMÓSFERA

ESTRUCTURA

Estratosfera

Troposfera

Nubes blancas de cristales de amoníaco

Nubes naranjas oscuro de cristales de hidrosulfuro de amoníaco

Nubes azuladas de hielo y gotitas de agua

COMPOSICIÓN

Hidrógeno: 90%

Helio: 10%

Trazas de amoníaco, metano y vapor de agua

Atmósfera, principalmente de hidrógeno y helio

Manto externo que se une a la atmósfera

Manto interno de unos 30.000 km de grosor

Zona (región de altas presiones con gas ascendente)

Punto rojo

Pluma (nube extendida)

Nube blanca a gran altura

Aurora polar norte

Zona templada norte

Cinturón templado norte

Zona tropical norte

Cinturón ecuatorial norte

Zona ecuatorial

Cinturón ecuatorial sur

Zona sur tropical

Cinturón templado sur

Zona templada sur

Relámpago

Gran Punto Rojo (sistema anticiclónico de tormentas)

Manto externo de helio e hidrógeno líquidos

Manto interno de hidrógeno metálico

Núcleo rocoso de unos 28.000 km de diámetro

Temperatura del núcleo de uno 30.000 °C

Cinturón (región de baja presión con gases descendentes)

Óvalo blanco (sistema temporal de tormentas anticiclónicas)

Temperatura en parte superior de las nubes de -120 °C

Saturno

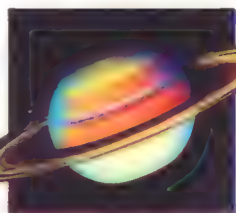
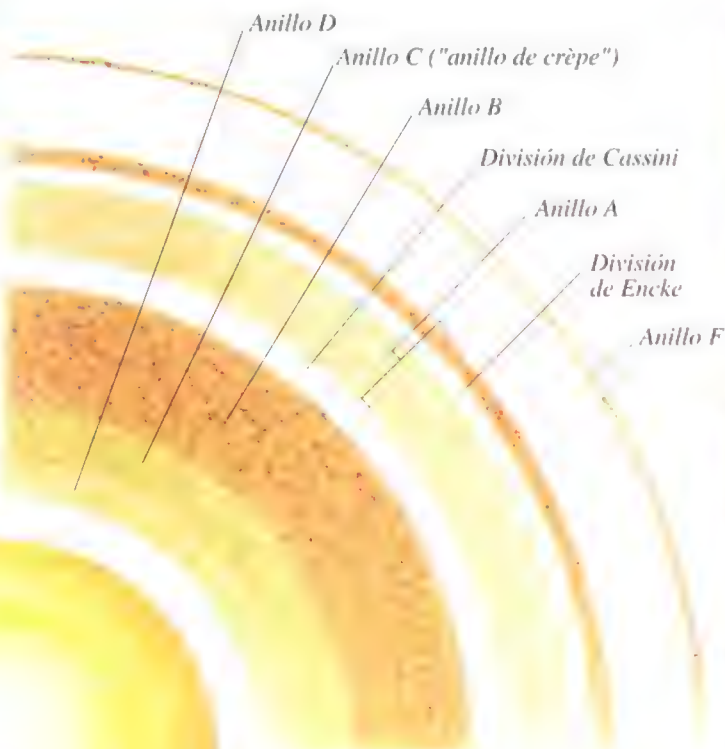


IMAGEN EN COLOR
FALSO DE SATURNO

SATURNO ES EL SEXTO PLANETA a partir del Sol. Es un gigante de gas casi tan grande como Júpiter, con un diámetro ecuatorial de cerca de 120.500 kilómetros. Se piensa que Saturno está constituido por un pequeño núcleo de roca y hielo rodeado por un manto interno de hidrógeno metálico (hidrógeno líquido que se comporta como un metal). Alrededor de ese manto interno hay un manto de hidrógeno líquido que emerge en su atmósfera gaseosa. Las nubes de Saturno forman cinturones y zonas similares a las de Júpiter, pero oscurecidas por niebla.

Entre las nubes aparecen sistemas tormentosos y ciclones, que se perciben como óvalos rojos o blancos. Saturno tiene un sistema de anillos extraordinariamente finos pero muy anchos, que tienen menos de un kilómetro de grosor y que se extienden unos 420.000 kilómetros más allá de la superficie del planeta. Los anillos principales están compuestos por miles de anillos menores y cada uno de ellos está constituido por fragmentos de hielo cuyo tamaño va desde partículas pequeñas a pedazos de varios metros de diámetro. Los anillos D, E y G son muy tenues, el anillo F es el más brillante, y los anillos A, B y C son lo suficientemente brillantes como para poder ser vistos desde la Tierra con binoculares. Saturno tiene 18 lunas conocidas, algunas de las cuales orbitan en el interior de los anillos y se cree que ejercen una influencia gravitatoria en las formas de los anillos. Curiosamente, siete de las lunas son coorbitales: comparten su órbita con otra luna. Los astrónomos piensan que estas lunas coorbitales se pueden haber formado a partir de un único satélite que se partió.

ANILLOS INTERNOS DE SATURNO



INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE SATURNO

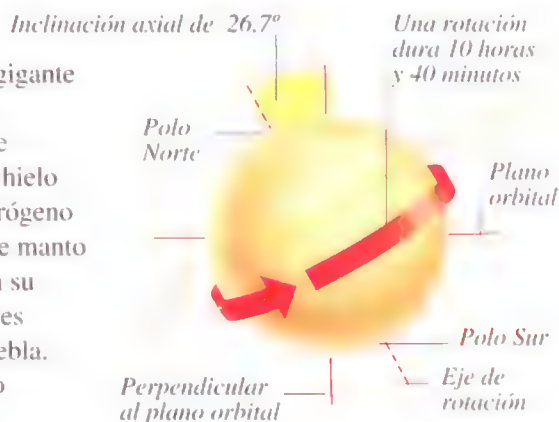
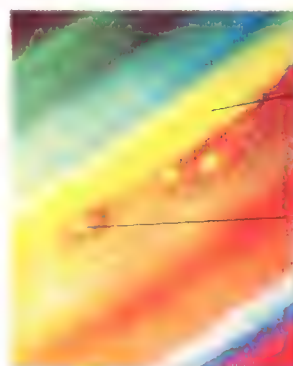


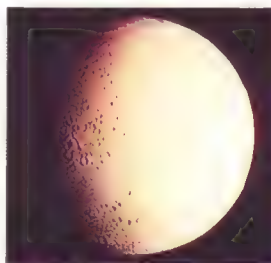
IMAGEN EN COLORES FALSOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS NUBES DE SATURNO



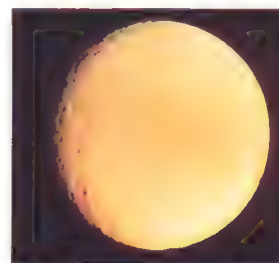
Estrias en forma de cintas debidas a vientos de hasta 540 km/h

Óvalo (sistema giratorio de tormentas)

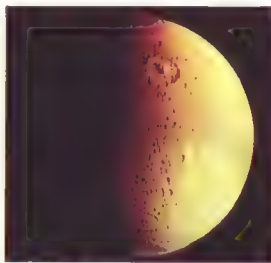
LUNAS DE SATURNO



ENCELADO
Diámetro: 498 km
Distancia media al planeta: 238.000 km



TETIS
Diámetro: 1.050 km
Distancia media al planeta: 295.000 km



DIONE
Diámetro: 1.118 km
Distancia media al planeta: 377.000 km



MIMAS
Diámetro: 397 km
Distancia media al planeta: 186.000 km

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE SATURNO

Las nubes forman cinturones (capas oscuras bajas) y zonas (capas altas brillantes)

Óvalo (sistema giratorio de tormentas)

Trazas de amoníaco, metano y vapor de agua

Atmósfera, principalmente de hidrógeno y helio

Manto externo unido a la atmósfera

Manto interno de unos 15.000 km de grosor

Manto externo de hidrógeno líquido

Manto interno de hidrógeno líquido metálico

Núcleo de roca y hielo de unos 30.000 km de diámetro

Temperatura del núcleo de unos 15.000 °C

El ecuador está barrido por vientos de hasta 1.800 km/h

Incrustación radial (probablemente partículas de polvo sobre el plano de los anillos)

Punto de Anne (sistema anticiclónico de tormentas)

ATMÓSFERA

COMPOSICIÓN

Hidrógeno: 94%

Helio: 6%

Estratosfera

Troposfera

ESTRUCTURA

Neblina de cristales de amoníaco

Nubes blancas de cristales de amoníaco

Nubes naranja oscuro de cristales de hidrosulfuro de amoníaco

Nubes azules de hielo y vapor de agua

Anillo A (anillo ancho compuesto por múltiples subanillos)

Anillo B (anillo ancho compuesto por múltiples subanillos)

Anillo C (anillo ancho "de crêpe" compuesto por múltiples subanillos)

Anillo D

Anillo F

División de Cassini (separación aparente que contiene al menos 100 subanillos)

División de Encke (separación donde se encuentra la órbita del satélite Pan)

Temperatura de la capa de nubes de unos -180 °C

Urano

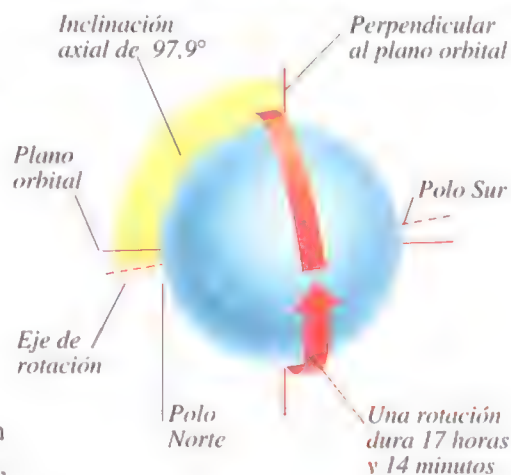


IMAGEN EN COLOR
FALSO DE URANO

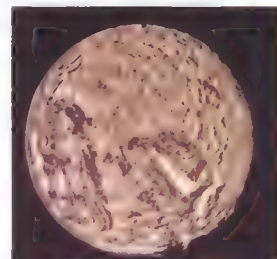
URANO ES EL SÉPTIMO PLANETA a partir del Sol y el tercero en tamaño, con un diámetro de unos 51.000 kilómetros. Se cree que está constituido por una densa mezcla de diversos tipos de hielo y gas que envuelve a un núcleo sólido. Su atmósfera contiene trazas de metano, que le dan al planeta su tono azul verdoso. Su temperatura en las nubes más altas es de unos -210°C . De los planetas que se han observado desde cerca, Urano es el que tiene menos marcas: hasta ahora sólo

se han visto unas pocas nubes de metano congeladas. Es el único planeta que tiene su eje de rotación en el plano orbital. Como consecuencia de su eje de rotación fuertemente inclinado, Urano gira de lado en su trayectoria orbital alrededor del Sol, mientras que los demás planetas giran más o menos verticales. Urano está rodeado de 11 anillos compuestos de roca y polvo. Los anillos contienen la materia más oscura del Sistema Solar, y son extremadamente estrechos, por lo que es muy difícil detectarlos: nueve de ellos tienen menos de 10 kilómetros de ancho, mientras que los de Saturno tienen miles de kilómetros. Se conocen 15 lunas de Urano, todas congeladas, y la mayoría de ellas fuera de los anillos. Las 10 lunas más internas son pequeñas y oscuras, con diámetros de menos de 160 kilómetros, y las cinco lunas más externas tienen diámetros de entre 470 y 1.600 kilómetros. Las lunas más externas tienen una gran variedad de marcas en su superficie. Miranda tiene la superficie más variada, con zonas llenas de cráteres en las cuales se encuentran enormes valles y acantilados de hasta 20 kilómetros de alto.

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE URANO



LUNAS EXTERNAS



MIRANDA
Diámetro: 472 km
Distancia media al planeta: 129.800 km

ANILLOS DE URANO

Anillo Épsilon

Anillo 1986 U1R

Anillo Delta

Anillo Gamma

Anillo Eta

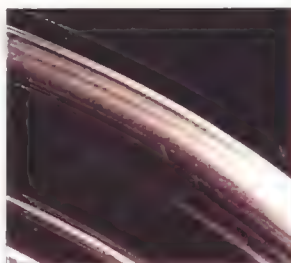
Anillo Beta

Anillo Alfa

Anillos 4 y 5

Anillo 6

Anillo 1986 U2R



ANILLOS Y FAJAS DE POLVO



ARIEL
Diámetro: 1.158 km
Distancia media al planeta: 191.200 km



TITANIA
Diámetro: 1.578 km
Distancia media al planeta: 435.900 km



UMBRIEL
Diámetro: 1.169 km
Distancia media al planeta: 266.000 km



OBERON
Diámetro: 1.523 km
Distancia media al planeta: 582.600 km

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE URANO

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Hidrógeno: 85%

Helio: 12%

Metano: 3%

Atmósfera gaseosa de hidrógeno, helio y metano

Manto denso de vapor de agua y hielo, amoníaco y metano

Temperatura del núcleo de unos 7.000 °C

Núcleo sólido de roca de hasta 17.000 km de diámetro

Manto de unos 10.000 km de grosor

Atmósfera unida al manto

Nubes de metano congelado movidas por vientos de hasta 300 km/h

Borde externo del anillo Epsilon

Tono azul verdoso debido a la presencia de metano en la atmósfera

Polo Sur

Temperatura de la capa superior de nubes: -210 °C

Anillos de rocas oscuras mezcladas con fajas de polvo.

Neptuno y Plutón

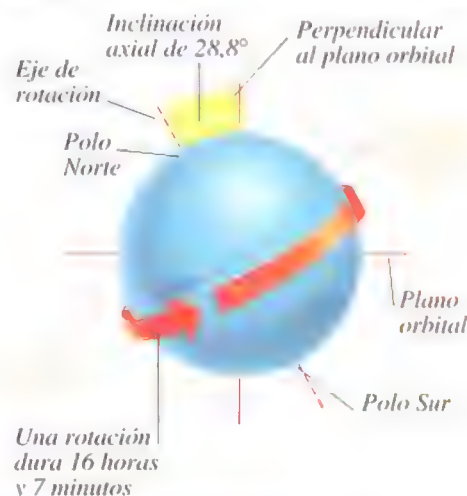


IMAGEN EN COLOR
FALSO DE NEPTUNO

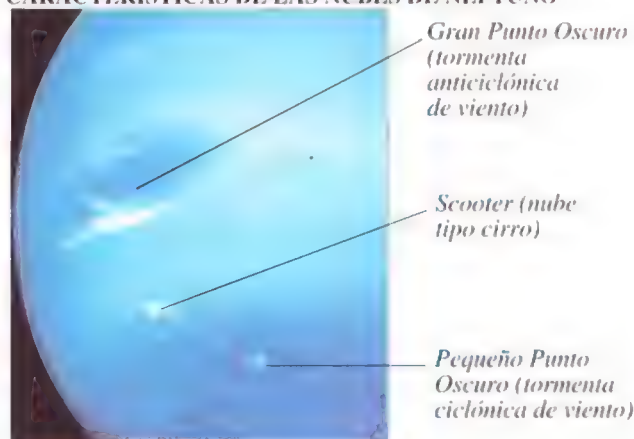
NEPTUNO Y PLUTÓN son los dos planetas más lejanos del Sol, a una distancia media de unos 4.500 millones de kilómetros y 5.900 millones de kilómetros respectivamente. Neptuno es un gigante de gas, y se piensa que está constituido por un pequeño núcleo rocoso rodeado por una mezcla de líquidos y gases. La atmósfera tiene varias características marcadas en sus nubes. Las más grandes son el Gran Punto Oscuro, casi tan grande como la Tierra, el Pequeño Punto Oscuro y el Scooter. El gran y el Pequeño Punto Oscuro son

enormes tormentas que dan la vuelta al planeta empujadas por vientos de unos 2.000 kilómetros por hora. El Scooter es una zona enorme de cirros. Neptuno tiene cuatro tenues anillos y ocho lunas conocidas. Tritón, es la luna más grande de Neptuno y el objeto más frío del Sistema Solar, con una temperatura de -235°C . Tritón, al contrario que la mayoría las lunas del Sistema Solar, gira alrededor de Neptuno en sentido opuesto al de la rotación del planeta. Plutón es, la mayor parte del tiempo, el planeta más exterior, pero su muy elíptica órbita hace que el planeta pase dentro de la órbita de Neptuno durante 20 años cada 248 años, el tiempo que demora en completar su órbita alrededor del Sol. Plutón es tan pequeño y tan lejano que se conoce muy poco sobre él. Es un planeta rocoso, probablemente cubierto por hielo y metano congelado. La única luna conocida de Plutón, Charón, es muy grande para ser considerada una luna, ya que tiene la mitad del tamaño de su planeta. Debido a la poca diferencia de tamaño, a veces se considera a Plutón y Charón como un sistema doble de planetas.

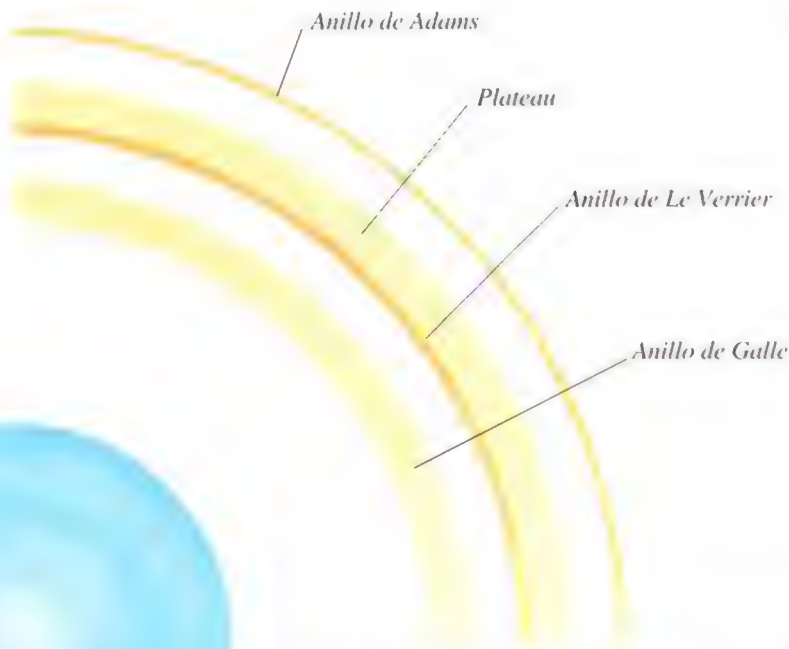
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE NEPTUNO



CARACTERÍSTICAS DE LAS NUBES DE NEPTUNO



ANILLOS DE NEPTUNO



NUBES DE GRAN ALTURA

Cirros de metano a 40 km sobre la principal capa de nubes

Sombra de las nubes

Capa principal de nubes sometidas a vientos de unos 2.000 km/h



LUNAS DE NEPTUNO



TRITÓN
Diámetro: 2.705 km
Distancia media al planeta: 354.800 km



PROTEO
Diámetro: 416 km
Distancia media al planeta: 117.600 km

Temperatura de la capa superior de nubes de -220°C

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE NEPTUNO

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Hidrógeno: 85%

Helio: 13%

Metano: 2%

Atmósfera unida al manto

Manto de entre 10.000 y 15.000 km de grosor

Atmósfera gaseosa de hidrógeno, helio y metano

Manto de agua helada, metano y amoníaco

Núcleo rocoso de silicatos de unos 14.000 km de diámetro

Neblina de hidrocarburos sobre las nubes

Anillo de Adams

Anillo de Le Verrier

Plateau

Anillo de Galle

Nubes oscuras de sulfuro de hidrógeno por debajo de la capa principal de nubes

Capa principal de nubes arrastradas por vientos de unos 2.000 km/h

Superficie de agua helada y metano

Gran Punto Oscuro

Cirros de metano a 40 km por encima de la principal capa de nubes

Pequeño Punto Oscuro

Scooter

Manto helado

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE PLUTÓN

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE PLUTÓN

Inclinación axial de $57,5^{\circ}$

Polo Norte

Plano orbital

Perpendicular al plano orbital

Polo Sur

Eje de rotación

Superficie de agua helada y metano

Una rotación dura 6 días y 9 horas

Atmósfera tenue de metano, probablemente mezclado con nitrógeno

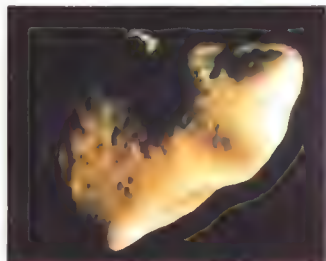
Núcleo de roca y, posiblemente, hielo

Temperatura de la superficie de unos -220°C

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Metano probablemente mezclado con nitrógeno

Asteroides, cometas, y meteoroides



ASTEROIDE 951 GASPRA

LOS ASTEROIDES, COMETAS Y METEOROIDES son residuos que quedan de la nebulosa en que se formó el Sistema Solar hace 4.600 millones de años. Los asteroides son cuerpos rocosos de hasta casi 1.000 kilómetros de diámetro, aunque la mayoría son mucho más pequeños. La mayor parte de ellos gira alrededor del Sol en el cinturón de asteroides, que se sitúa entre las órbitas de Marte y Júpiter. Es posible que los cometas se originen en una enorme nube (llamada Nube de Oort) que se cree que rodea al Sistema Solar. Están formados por una mezcla de gases congelados y polvo, y tienen unos pocos kilómetros de diámetro.

Ocasionalmente, un cometa se separa de la Nube de Oort y comienza una órbita alrededor del Sol en una larga trayectoria elíptica. A medida que el cometa se aproxima al Sol, su superficie se comienza a evaporar a causa del calor, y produce una brillante y reluciente coma (una inmensa esfera de gas y polvo alrededor del núcleo), una cola de gas y otra cola de polvo. Los meteoroides son pequeños pedazos de roca, o de roca y hierro, algunos de los cuales no pasan de ser fragmentos de asteroides o cometas. El tamaño de los meteoroides puede ir desde pequeñísimas partículas de polvo hasta objetos de decenas de metros de diámetro. Si un meteoroides penetra en la atmósfera de la Tierra, se calienta por fricción y aparece como un trazo de luz incandescente que se llama meteoro (también conocido como estrella fugaz). Las lluvias de meteoros se producen cuando la Tierra pasa a través de una nube de partículas de polvo dejada por un cometa. Muchos meteoros se queman en la atmósfera. Los pocos que son suficientemente grandes como para llegar a la superficie de la Tierra se llaman meteoritos.

IMAGEN ÓPTICA DEL COMETA HALLEY

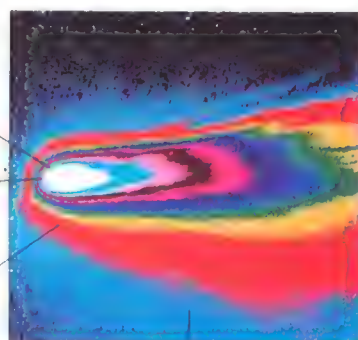


IMAGEN EN COLORES FALSOS DEL COMETA HALLEY

Luz de alta intensidad

Núcleo

Luz de intensidad media



Luz de baja intensidad

IMAGEN EN COLORES FALSOS DE UNA LLUVIA DE METEORITOS LEÓNIDAS



METEORITOS

METEORITO ROCOSO

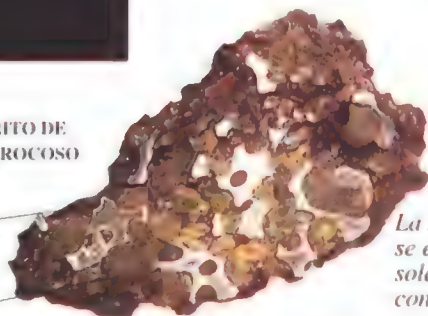
Corteza de fusión que se forma cuando pasa por la atmósfera

Interior mineral de olivina y piroxina

METEORITO DE HIERRO ROCOSO

Hierro

Piedra (olivina)



La superficie del núcleo se evapora por el calor solar y forma una coma con dos colas

DESARROLLO DE LAS COLAS DE LOS COMETAS

Cola de polvo desgajada por los fotones de la luz del Sol y curvada debido al movimiento del cometa

La cola se alarga a medida que el cometa se acerca al Sol

Cola de gas que se aleja del Sol debido a las partículas cargadas en el viento solar

Dirección del movimiento orbital del cometa

Coma alrededor del núcleo

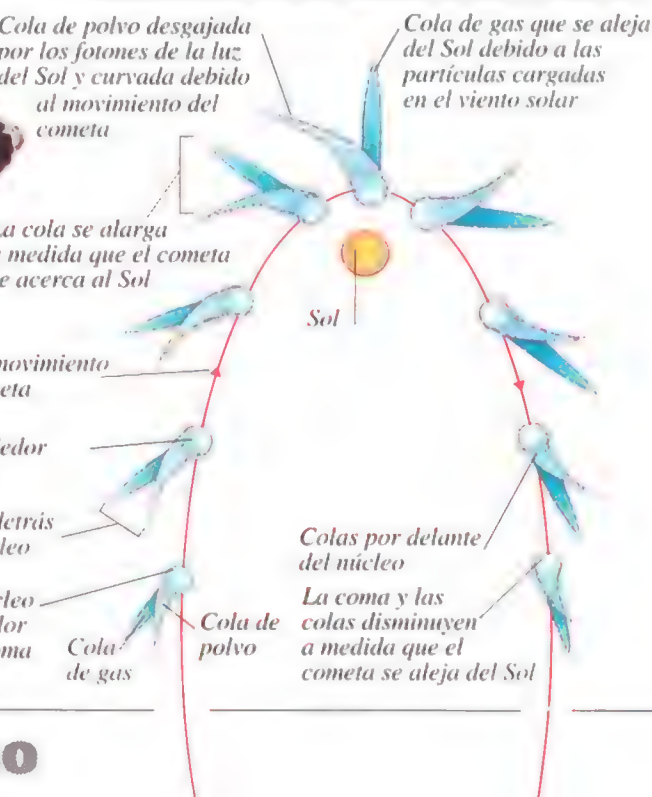
Colas detrás del núcleo

Cola de gas

Cola de polvo

Colas por delante del núcleo

La coma y las colas disminuyen a medida que el cometa se aleja del Sol



CARACTERÍSTICAS DE UN COMETA

Cola recta y tenue de gas

Cola de polvo ancha y curva

Moléculas de gas que, calentadas por el Sol, emiten luz

Colas de cometas de hasta 100 millones de km de longitud

Cola recta y tenue de gas sobre la que sopla el viento solar

Cabeza (coma y núcleo)

Coma alrededor del núcleo

Núcleo de varios km. de diámetro

ESTRUCTURA DE UN COMETA

Coma brillante de hasta un millón de km de diámetro alrededor del núcleo

Posible núcleo de polvo de silicato

Corteza con áreas activas que emiten chorros de gas y polvo

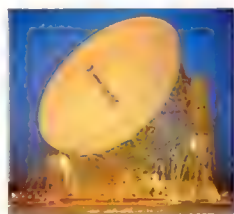
Chorro de gas y polvo debido a la vaporización en el lado del núcleo iluminado por el Sol

Hielos compuestos por agua, anhídrido carbónico, metano y amoníaco helados

Cola ancha de polvo curvada a lo largo de la trayectoria orbital del cometa

Partículas de polvo que reflejan la luz solar

La observación del espacio



RADIOTELESCOPIO

EL HOMBRE SIEMPRE OBSERVÓ LAS ESTRELLAS, pero sólo después de la invención del telescopio, en el siglo XVII, fue posible ampliar las imágenes de los cuerpos celestes. Existen tres tipos principales de telescopios: reflectores, refractores y radiotelescopios. Los reflectores y refractores son telescopios ópticos: recogen y amplifican la luz visible. Los reflectores usan espejos para recoger la luz, y los refractores utilizan lentes. El Telescopio Espacial Hubble,

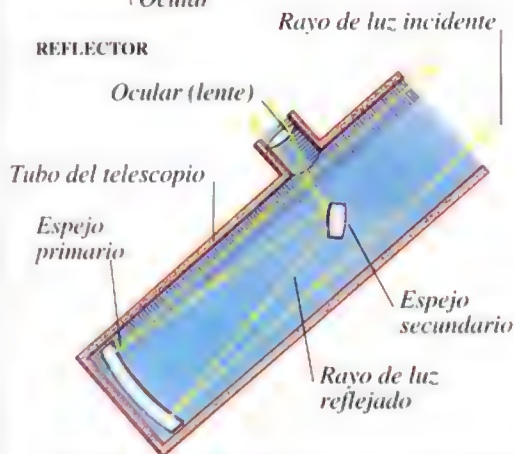
que está en órbita alrededor de la Tierra, es un reflector. Los telescopios espaciales tienen la ventaja de producir imágenes que no son distorsionadas por la atmósfera terrestre. Las radiaciones del espacio que absorbe la atmósfera terrestre, como algunas ondas ultravioletas e infrarrojas, también pueden ser detectadas por algunos telescopios espaciales. Los radiotelescopios reciben ondas de radio emitidas por los cuerpos celestes y las convierten en señales eléctricas, que se pueden usar para generar imágenes. Desde fines de los años 50, hay sondas espaciales que exploran el Sistema Solar. En 1971, la sonda soviética Marte 3 se puso en órbita alrededor de Marte, transmitió imágenes y depositó una cápsula sobre la superficie (aunque una tormenta de arena inutilizó los instrumentos de a bordo). Las sondas Viking que Estados Unidos envió a Marte eran más sofisticadas: obtuvieron datos sobre el clima, fotografiaron el terreno, y analizaron el suelo. La sonda norteamericana Voyager 2 ha observado Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno y continuará transmitiendo datos mientras viaja hacia fuera del Sistema Solar.

CÓMO FUNCIONAN LOS TELESCOPIOS

REFRACTOR



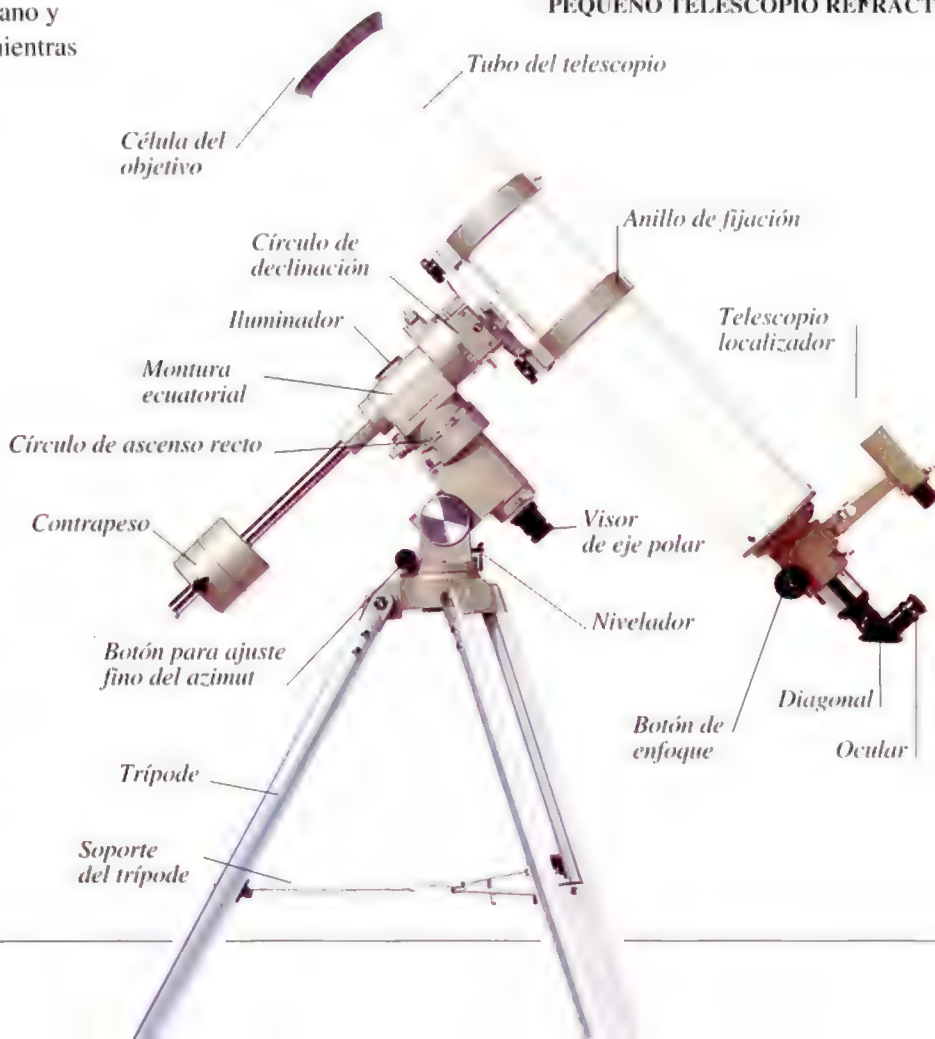
REFLECTOR



TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE



PEQUEÑO TELESCOPIO REFRACTOR



MÓDULOS DE ÓRBITA Y ATERRIJAJE DEL MARTE 3

Escudo térmico

Antena de los
aparatos de
investigación

Cápsula de
descenso

Caja del
paracaídas

Botella
de presurizado

Antena para
la comunicación
con la cápsula
de descenso

Antena
parabólica
de alta ganancia

Antena de
baja ganancia

Equipo para navegación
por estrellas

Magnetómetro (mide
la intensidad de los
campos magnéticos)

Sistema automático
de navegación

Radiador

Panel solar

Sensor para
navegación por estrellas

Bodega para los instrumentos

Tanque de combustible
para el sistema de motores



VOYAGER 2



MÓDULOS DE ÓRBITA Y
ATERRIJAJE DEL VIKING

MÓDULO DE ATERRIJAJE DEL VIKING

Antena de alta ganancia en banda S

Cámara de televisión

Antena de frecuencia ultra alta

Antena de baja ganancia
en banda S

Procesador biológico

Tanque de combustible
para el descenso final

Brazo para tomar
muestras de la superficie

Cabezal del brazo
de muestras

Motor de rotación

Cámara de televisión

Cubierta protectora del
viento para el generador
termoeléctrico de radioisótopos

Brazo del equipo
de meteorología

Almohadilla
de la pata

Amortiguador
de aterrizaje

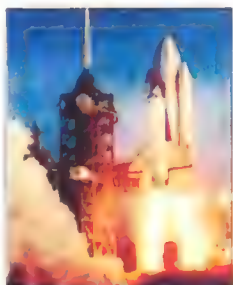
Motor del
descenso final

Cromatógrafo de gases
y espectrógrafo de masas

Almohadilla
de la pata

Sensor del
equipo de meteorología

Exploración espacial tripulada

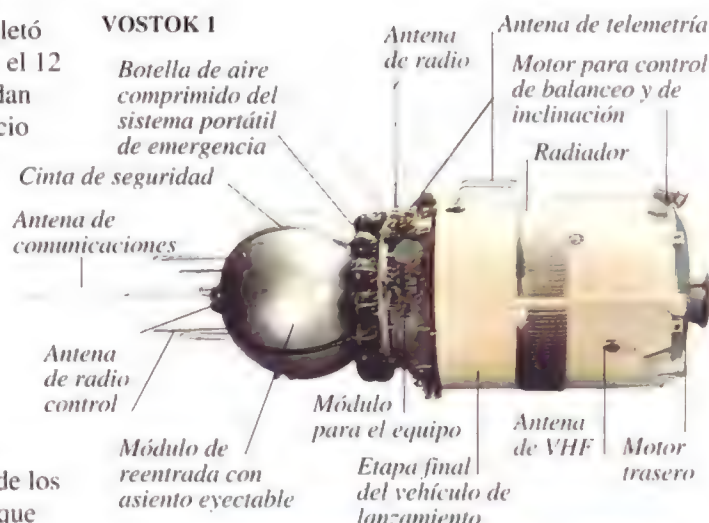


DESPEGUE DE LA LANZADERA ESPACIAL

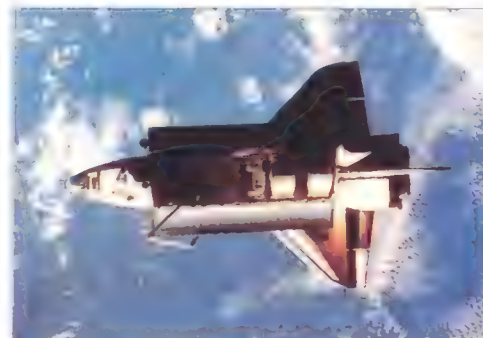
LA PRIMERA PERSONA EN EL ESPACIO fue el cosmonauta soviético Yuri Gagarin, que completó una órbita de la Tierra en su cápsula Vostok 1, el 12 de abril de 1961. Para que los astronautas puedan sobrevivir en las condiciones hostiles del espacio deben estar protegidos por un ambiente artificial en el interior de un traje espacial o de la nave espacial. El medio ambiente artificial le da al astronauta una atmósfera respirable y la presión adecuada, lo protege de la radiación y de los micrometeoritos, y regula la temperatura

de su cuerpo. Cuando los astronautas exploran el espacio abierto o la superficie lunar, conectan a su traje espacial un sistema portátil de emergencia. El transbordador espacial norteamericano, por ser una nave recuperable, es probablemente el más significativo de los recientes avances en la exploración tripulada del espacio. Sólo el tanque exterior de combustible se pierde en cada misión; los cohetes laterales de combustible sólido se recuperan y el vehículo orbital vuelve a la Tierra planeando. El transbordador tiene una gran depósito de carga y un brazo robótico dirigido por control remoto, que se usa para lanzar, recuperar y reparar satélites en el espacio. El depósito de carga puede llevar un laboratorio espacial o los componentes de una estación espacial. Las estaciones espaciales también han tenido un papel importante recientemente en la exploración espacial tripulada, y el desarrollo de estaciones como las Skylab, de Estados Unidos y Mir, de la ex URSS han demostrado que los astronautas pueden vivir y trabajar en el espacio durante meses e incluso años. Las misiones lunares Apollo, de Estados Unidos demostraron que es posible enviar hombres a la Luna (págs. 114-115). El próximo paso será enviar naves tripuladas para explorar los planetas, pero esto puede tardar todavía varias décadas.

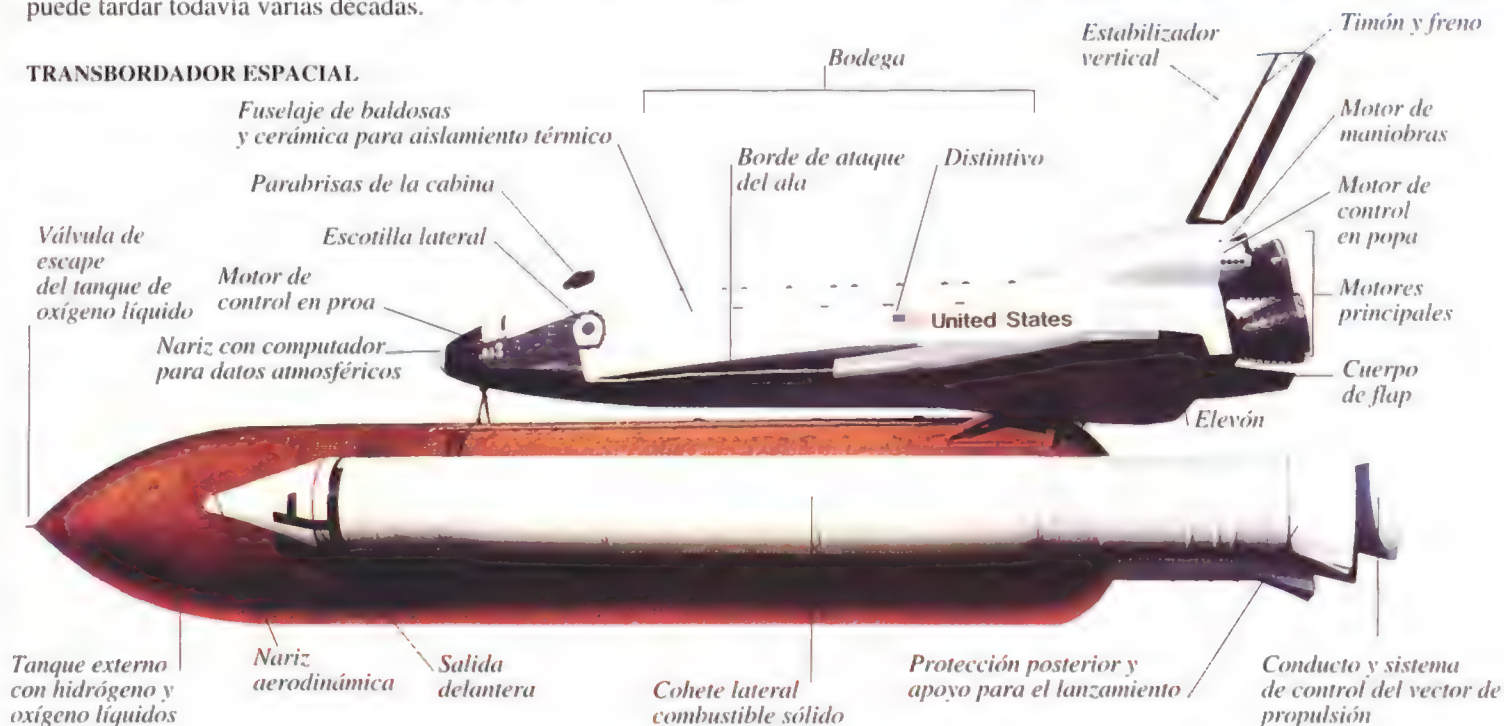
VOSTOK 1



TRANSBORDADOR ESPACIAL EN VUELO

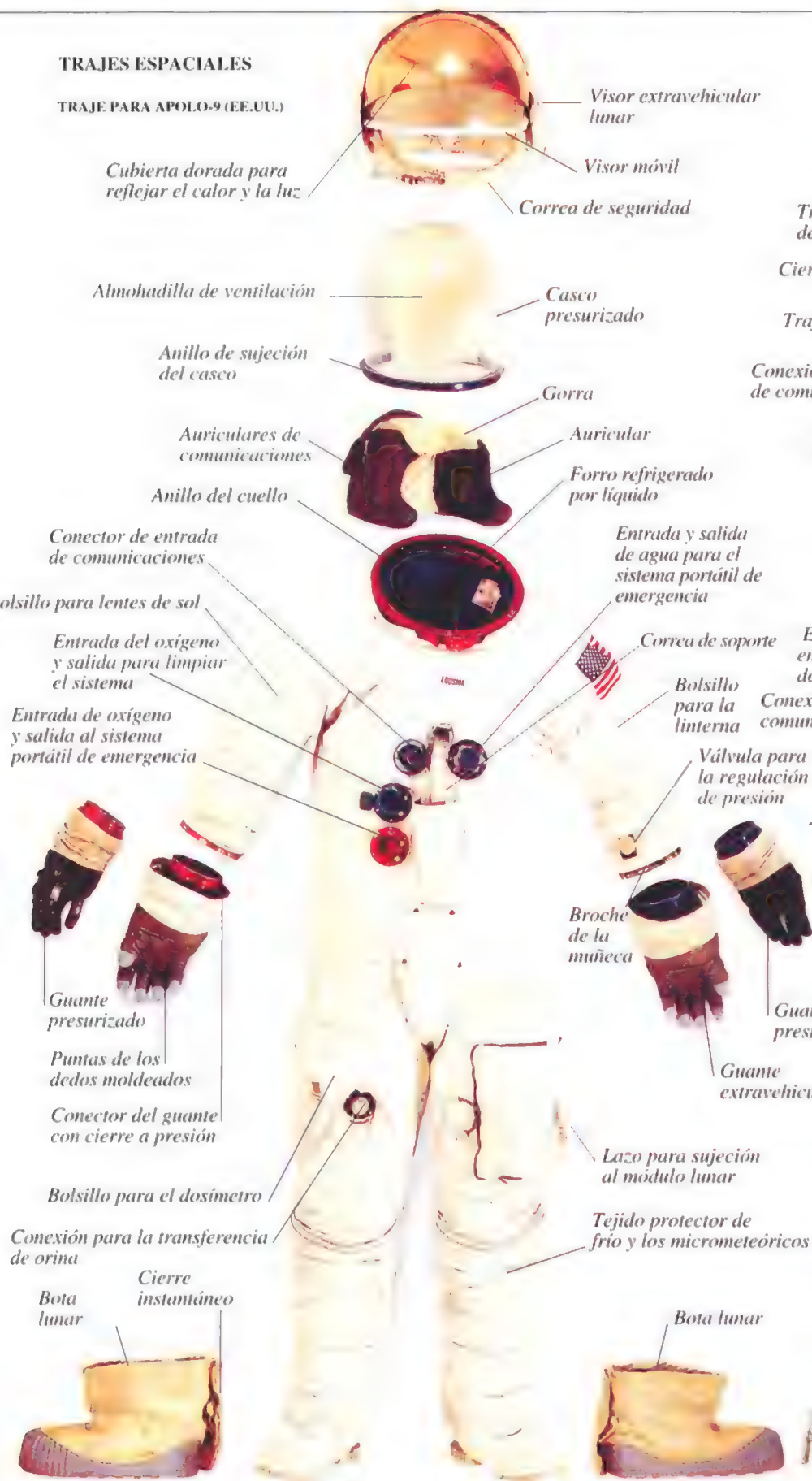


TRANSBORDADOR ESPACIAL



TRAJES ESPACIALES

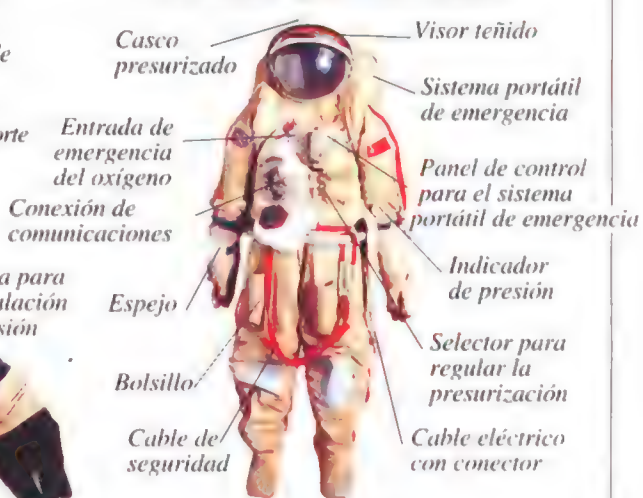
TRAJE PARA APOLO-9 (EE.UU.)



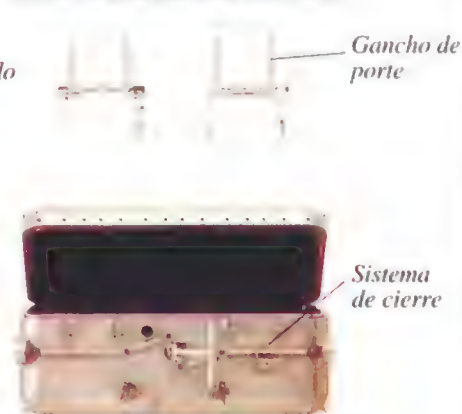
TRAJE PARA VOSTOK (URSS)



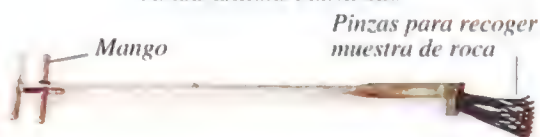
TRAJE ESPACIAL "ORLAND D" (URSS)



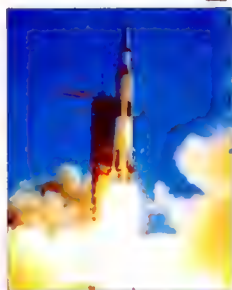
CAJAS PARA MUESTRAS DEL APOLO



PINZAS LARGAS DEL APOLO



La exploración de la Luna

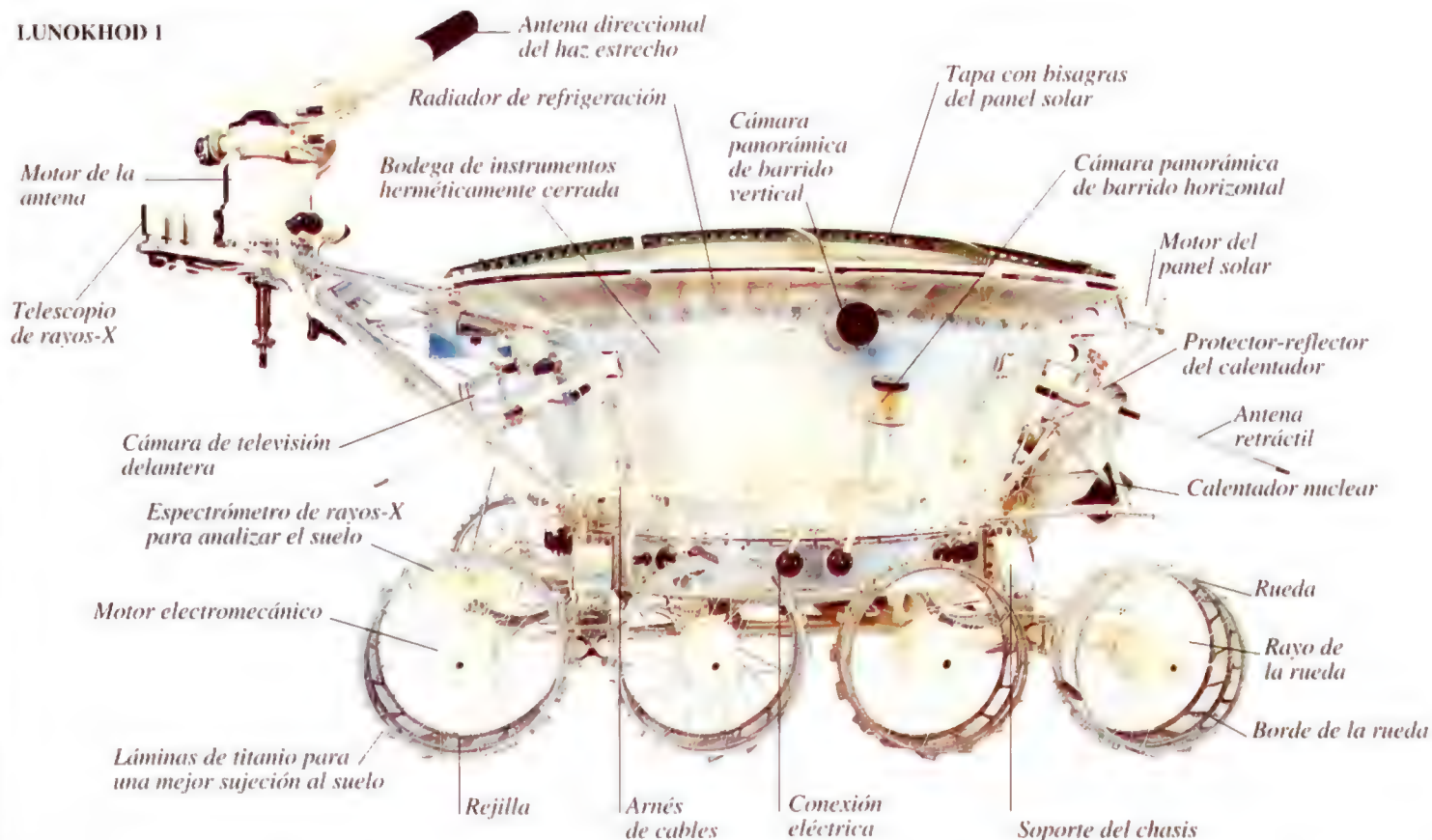


LANZAMIENTO
DEL APOLO II

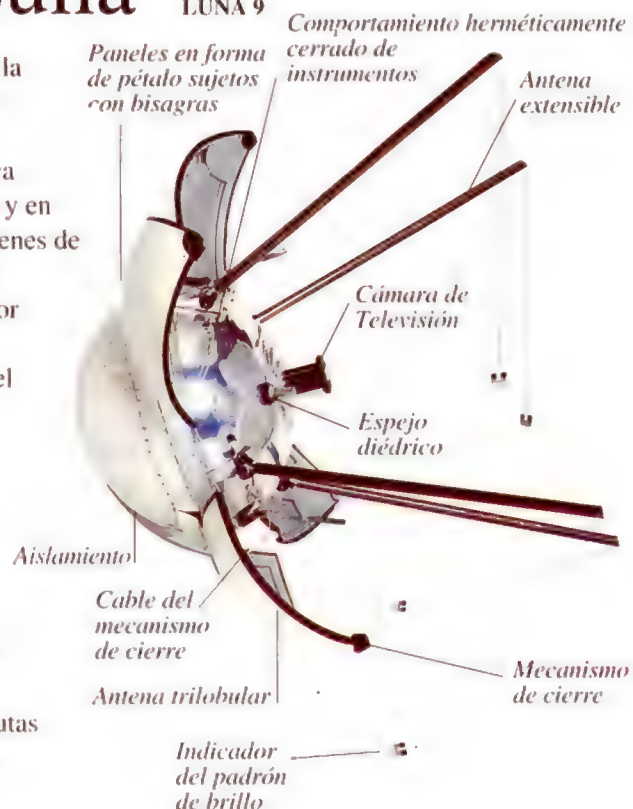
LA LUNA ES EL CUERPO CELESTE MÁS CERCANO a la Tierra. Sin embargo, hasta hace poco no se conocía mucho de ella. La exploración más intensa se hizo primero con sondas no tripuladas. La sonda soviética Luna-2 fue la primera que llegó a la Luna, en 1959, y en 1966, la sonda Luna-9 transmitió las primeras imágenes de su superficie. Una de las sondas no tripuladas más sofisticadas fue la Lunokhod-1 soviética, dirigida por control remoto que recorrió la superficie lunar transmitiendo imágenes de televisión y analizando el

suelo. Los primeros hombres que aterrizaron en la Luna formaban parte de la misión norteamericana Apolo-11, el 20 de julio de 1969. El Apolo-11 tenía tres componentes: un módulo de mando, un módulo de servicio y un módulo lunar. Después de girar en órbita alrededor de la Luna, el módulo lunar descendió a la superficie de la Luna con dos astronautas a bordo (Neil Armstrong y Edwin "Buzz" Aldrin). Los astronautas recogieron muestras de rocas, tomaron fotografías e instalaron equipos de investigación. Despegaron de la Luna en la etapa de ascenso del módulo y el cual se acopló al módulo de mando antes de recorrer los 384.400 kilómetros de vuelta a la Tierra. Más de diez astronautas norteamericanos exploraron la Luna antes de que terminara el programa Apolo, en 1972. Desde entonces, ha ido a la Luna sólo un pequeño número de naves no tripuladas.

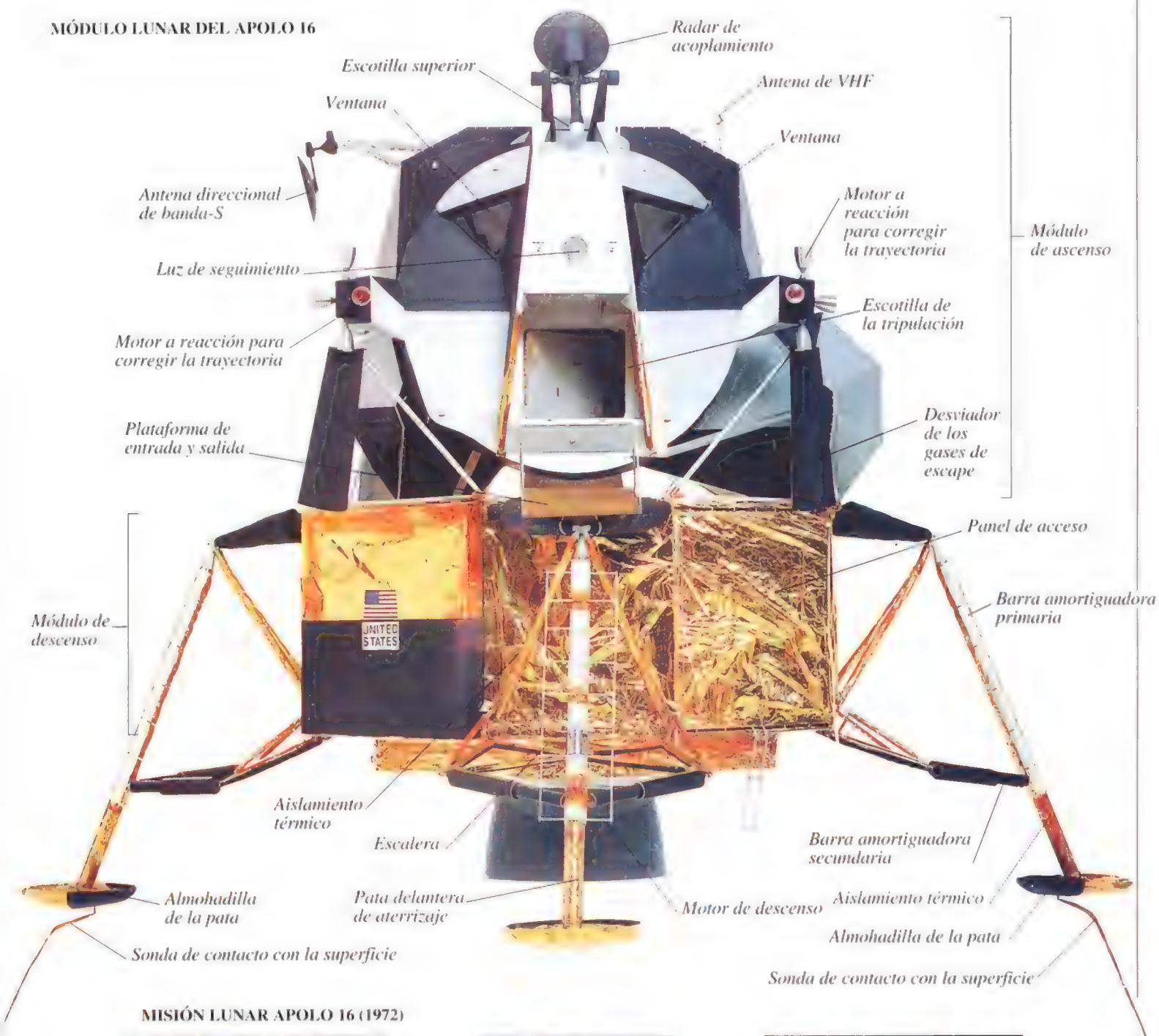
LUNOKHOD 1



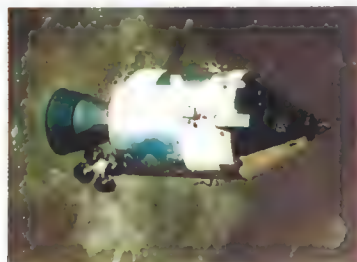
LUNA 9



MÓDULO LUNAR DEL APOLO 16



MISIÓN LUNAR APOLO 16 (1972)



MÓDULOS DE MANDO Y SERVICIO EN ÓRBITA LUNAR



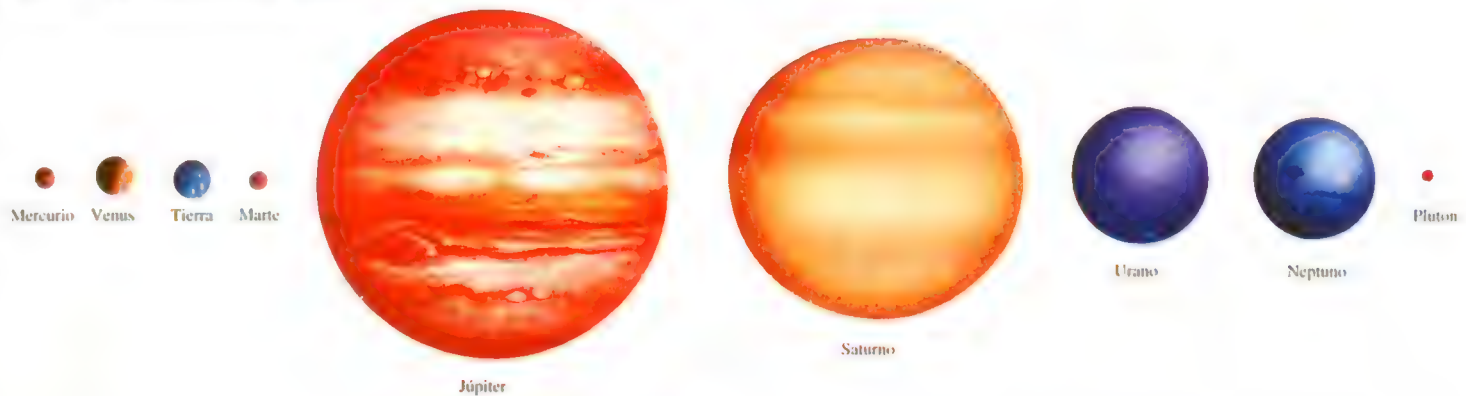
ATERRIZAJE DEL MÓDULO LUNAR



MÓDULO LUNAR, TODO TERRENO LUNAR Y ASTRONAUTA SOBRE LA SUPERFICIE DE LA LUNA

Datos astronómicos 1

PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR



PLANETAS

	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	Plutón
Masa (Tierra = 1)	0,055	0,81	1	0,11	318	95,18	14,5	17,14	0,0022
Diámetro ecuatorial (km)	4.878	12.103	12.756	6.786	142.984	120.536	51.118	49.528	2.300
Volumen (Tierra = 1)	0,056	0,86	1	0,15	1.323	744	67	57	desconocido
Densidad media (g/cm ³ ; agua = 1g/cm ³)	5,42	5,25	5,52	3,94	1,33	0,69	1,27	1,71	2,03
Gravedad de la superficie del Ecuador (Tierra = 1)	0,38	0,86	1	0,38	2,5	1,1	1,1	1,1	desconocido
Velocidad ecuatorial de escape (km/s)	4,3	10,3	11,2	5	59,5	35,6	21,2	23,6	1,1
Inclinación axial (grados)	2	2	23,4	24	3,1	26,7	97,9	28,8	57,5
Período de rotación (longitud de 1 día) (d = día terrestre, h = hora terrestre)	58,65d	243,01d*	23,93h	24,62h	9,92h	10,67h	17,23h*	16,12h	6,38d*
Temperatura media de la superficie (°C)	-170 a 430	-464	15	-40	-120	-180	-210	-220	-220
Número de anillos conocidos	0	0	0	0	1	7	11	4	0
Número de lunas	0	0	1	2	16	18	15	8	1
Magnitud aparente máxima	-1,4	-4,4	-	-2,8	-2,8	-0,3	5,5	7,8	13,6
Afelio (millones de km)	69,7	109	152,1	249,1	815,7	1.507	3.004	4.537	7.375
Perihelio (millones de km)	45,9	107,4	147,1	206,7	740,9	1.347	2.735	4.456	4.425
Distancia media al Sol (millones de km)	57,9	108,2	149,6	227,9	778,3	1.427	2.869,6	4.496,6	5.900
Velocidad orbital media (km/s)	47,89	35,03	29,79	24,13	13,06	9,64	6,81	5,43	4,74
Inclinación orbital (grados)	7	3,39	0	1,85	1,3	2,49	0,77	1,77	17,2
Período orbital (duración del año) (a = año terrestre, d = día terrestre)	87,97d	224,7d	365,26d	1,88a	11,86a	29,46a	84,01a	164,79a	248,54a

* = La rotación es retrógrada

EL SOL

Edad aproximada (miles de millones de años)	4,6
Tipo de estrella	Amarilla de la secuencia principal
Masa (Tierra = 1)	332.946
Diámetro ecuatorial (km)	1.392.000
Densidad media (g/cm ³ ; agua = 1g/cm ³)	1,41
Magnitud aparente	-26,7
Magnitud absoluta	-4,83
Luminosidad (miles de millones de miles de millones de megavatios)	390
Temperatura media de la superficie (°C)	5.500
Temperatura media del núcleo (°C)	15.000.000
Distancia máxima a Tierra (km)	152.000.000
Distancia mínima a Tierra (km)	147.000.000
Distancia media a Tierra (km)	149.600.000
Período de rotación polar (días terrestres)	35
Período de rotación ecuatorial (días terrestres)	25

COMETAS FAMOSOS

Nombre	Período (años)
Cometa D'Arrest	6,6
Cometa de Encke	3,3
Cometa Giacobini-Zinner	6,5
Gran Cometa de 1811	3.000
Gran Cometa de 1843	512,4
Gran Cometa de 1844	102,050
Gran Cometa de 1864	2.800.000
Cometa de Halley	76,3
Cometa de Holmes	6,9
Cometa de Kohoutek	75.000
Cometa de Mrkós	5,3
Cometa de Olber	74
Cometa de Pons-Winnecke	6
Cometa de Schwassmann-Wachmann	16,2

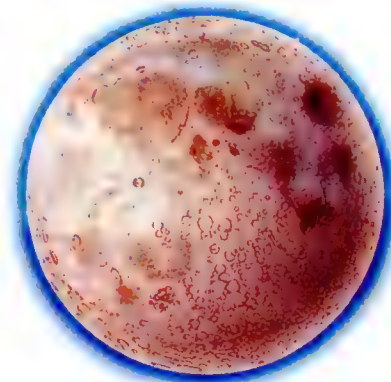


COMETA

LUNAS

Nombre del planeta	Nombre de la luna	Diámetro (km)	Distancia media al planeta (km)	Período orbital (días terrestres)	Inclinación orbital (grados)
Tierra	Luna	3.476	384.400	27,3	5,1
Marte	Fobos	22*	9.400	0,3	1,1
	Deimos	13*	23.500	1,4	1,8
Júpiter	Metis	40	128.000	0,3	0
	Adrastea	20*	129.000	0,3	0
	Amalthea	200	181.300	0,5	0,45
	Tebas	100*	221.900	0,7	0,9
	Io	3.642	421.800	1,8	0,04
	Europa	3.138	670.900	3,6	0,47
	Ganimedes	5.262	1.070.000	7,2	0,21
	Calisto	4.800	1.880.000	16,7	0,51
	Leda	15	11.094.000	238,7	26,1
	Himalia	170	11.480.000	250,6	27,6
	Lysicea	35	11.720.000	259,2	29
	Elara	70	11.737.000	259	24,8
	Ananke	25	21.200.000	631	147
	Carme	40	22.600.000	692	164
	Pasífae	60	23.500.000	735	145
	Sinope	40	23.700.000	758	153
Saturno	Pan	20	133.600	0,57	muy pequeño
	Atlas	31*	137.700	0,6	0,3
	Prometeo	102*	139.400	0,6	0
	Pandora	85*	141.700	0,6	0,1
	Epimeteo	117	151.400	0,7	0,3
	Jano	188*	151.500	0,7	0,1
	Mimas	397	186.000	0,9	1,52
	Encelado	498	238.000	1,4	0,02
	Tetis	1.050	295.000	1,9	1,86
	Telesto	22*	295.000	1,9	desconocido
	Calipo	24*	295.000	1,9	desconocido
	Dione	1.118	377.000	2,7	0,02
	Elena	32*	377.000	2,7	0,2
	Rea	1.528	527.000	4,6	0,35
	Titán	5.150	1.222.000	15,9	0,33
	Hiperión	286*	1.481.100	21,3	0,43
	Iapeto	1.436	3.561.300	79,3	14,7
	Foebe	220	12.954.000	550,4	175
Urano	Cordelia	26	49.700	0,3	muy pequeño
	Ofelia	32	53.800	0,4	muy pequeño
	Blanca	44	59.200	0,4	muy pequeño
	Cressida	66	61.800	0,5	muy pequeño
	Desdémona	58	62.700	0,5	muy pequeño
	Julietta	84	64.400	0,5	muy pequeño
	Porcia	110	66.100	0,5	muy pequeño
	Rosalinda	58	69.900	0,6	muy pequeño
	Belinda	68	75.300	0,6	muy pequeño
	Puck	154	86.000	0,8	muy pequeño
	Miranda	472	129.800	1,4	3,4
	Ariel	1.158	191.200	2,5	0
	Umbriel	1.169	266.000	4,1	0
	Titania	1.578	435.900	8,7	0
	Oberón	1.523	582.600	13,5	0
Neptuno	Naiad	54	48.000	0,3	0
	Thalassa	80	50.000	0,3	0
	Despina	180	52.500	0,3	0
	Galatea	150	62.000	0,4	0
	Larssa	192	73.600	0,6	0
	Proteo	416	117.600	1,1	4,5
	Tritón	2.705	354.800	5,9	160
	Nereida	300	5.514.000	360,2	27
Plutón	Charón	1.200	19.600	6,4	98,8

*= diámetro promedio para satélites de forma irregular



LA LUNA

ECLIPSES TOTALES DE SOL (HASTA 2005)

Fecha	Lugar donde es visible
3 de noviembre 1994	Océano Índico, Atlántico Sur, Suramérica, Pacífico Central.
24 de octubre 1995	Oriente Medio, sur de Asia y Pacífico Sur.
9 de marzo 1997	Siberia, Ártico.
26 de febrero 1998	Pacífico Central, Centroamérica, Atlántico Norte.
11 de agosto 1999	Atlántico Norte, norte de Europa, Oriente Medio y norte de India.
21 de junio 2001	Suramérica, Atlántico Sur, África del Sur y Pacífico.
4 de diciembre 2002	Atlántico Central, Sudáfrica, Pacífico Sur, Australia.
23 de noviembre 2003	Pacífico Sur, Antártica.

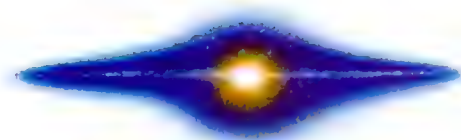
ECLIPSES TOTALES DE LUNA (HASTA 2005)

Fecha	Lugar donde es visible
29 de noviembre 1993	Continente americano entero.
4 de abril 1996	África, sureste de Europa.
27 de septiembre 1996	Continente americano entero, África Occidental.
16 de septiembre 1997	África del Sur, África del Este, y Australia.
21 de enero 2000	Continente americano entero, Suroeste de Europa, África Occidental.
16 de julio 2000	Pacífico, Australia, sureste de Asia.
9 de enero 2001	África, Asia, Europa.
16 de mayo 2003	Sur y Centroamérica, Antártica.
9 de noviembre 2003	Continente americano entero.
4 de mayo 2004	África, Oriente Medio, India.
28 de octubre 2004	Continente americano entero, África Occidental, sur de Europa.

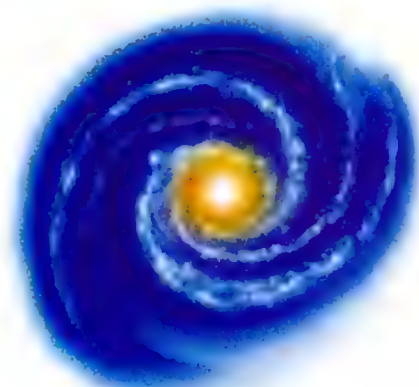
Datos astronómicos 2

GRUPO LOCAL DE GALAXIAS

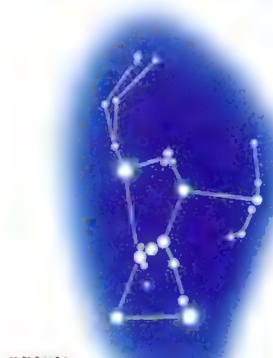
Nombre/Número de catálogo	Tipo	Distancia (en años luz)	Luminosidad (millones de Soles)	Diámetro (en años luz)
Vía Láctea	Espiral	0	15.000	100.000
Gran Nube de Magallanes	Espiral irregular	170.000	2.000	30.000
Pequeña Nube de Magallanes	Irregular	190.000	500	20.000
Escultor	Elíptica	300.000	1	6.000
Quilla (Carina)	Elíptica	300.000	0,01	3.000
Dragón	Elíptica	300.000	0,1	3.000
Sextante	Elíptica	300.000	0,01	3.000
Osa Menor	Elíptica	300.000	0,1	2.000
Homílo (Formax)	Elíptica	500.000	12	6.000
León I	Elíptica	600.000	0,6	2.000
León II	Elíptica	600.000	0,4	2.000
NGC 6822	Irregular	1.800.000	90	15.000
IC 5152	Irregular	2.000.000	60	3.000
WLM	Irregular	2.000.000	90	6.000
Andrómeda (M31)	Espiral	2.200.000	40.000	150.000
Andrómeda I	Elíptica	2.200.000	1	5.000
Andrómeda II	Elíptica	2.200.000	1	5.000
Andrómeda III	Elíptica	2.200.000	1	5.000
M32 (NGC 221)	Elíptica	2.200.000	130	5.000
NGC 147	Elíptica	2.200.000	50	8.000
NGC 185	Elíptica	2.200.000	60	8.000
NGC 205	Elíptica	2.200.000	160	11.000
M33 (Triángulo)	Espiral	2.400.000	5.000	40.000
IC 1613	Irregular	2.500.000	50	10.000
DDO 210	Irregular	3.000.000	2	5.000
Peces (Pisces)	Irregular	3.000.000	0,6	2.000
GR 8	Irregular	4.000.000	2	1.500
IC 10	Irregular	4.000.000	250	6.000
Sagitario	Irregular	4.000.000	1	4.000
León A	Irregular	5.000.000	20	7.000
Pegaso	Irregular	5.000.000	20	7.000



VISTA LATERAL DE NUESTRA GALAXIA (VÍA LÁCTEA)



VISTA SUPERIOR DE NUESTRA GALAXIA (VÍA LÁCTEA)



ORION

ESTRELLAS MÁS CERCANAS

Nombre/Número de catálogo	Constelación	Distancia (años luz)	Magnitud Aparente	Magnitud Absoluta	Tipo de estrella
Sol		0,000015*	-26,7	-4,8	Amarilla, secuencia principal
Próxima Centauro	Centauro	4,2	11	15,5	Enana roja
Alfa Centauro A	Centauro	4,3	-0,1	-4,1	Amarilla, secuencia principal
Alfa Centauro B	Centauro	4,3	1,4	5,7	Naranja, secuencia principal
Estrella de Barnard	Ofioco	5,9	9,5	13	Enana roja
Wolf 359	León (Leo)	7,6	13,5	16,7	Enana roja
Lalande 21.185	Osa Mayor	8,1	7,5	10,4	Enana roja
Sirio A	Can Mayor	8,6	-1,4	1,5	Blanca, secuencia principal
Sirio B	Can Mayor	8,6	8,7	12	Enana blanca
UV Ceti A	Ballena (Cetus)	8,9	12,4	15	Enana roja

* = 149.600.000 km

ESTRELLAS MÁS BRILLANTES

Nombre/Número de catálogo	Constelación	Magnitud aparente	Magnitud absoluta	Distancia (años luz)	Tipo de estrella
Sol		-26,7	-4,8	0,000015*	Amarilla, secuencia principal
Sirio A	Can Mayor (Canis Major)	-1,4	1,4	8,6	Blanca, secuencia principal
Canopus	Quilla (Carina)	-0,7	-8,5	1.200	Supergigante blanca
Alfa Centauro A	Centauro	-0,1	-4,1	4,3	Amarilla, secuencia principal
Arturo	Boyero (Bootes)	-0,1	-0,3	37	Gigante roja
Vega	Lira	0,04	0,5	27	Blanca, secuencia principal
Cabra (Capella)	Cócher (Auriga)	0,1	-0,6	45	Gigante amarilla
Rigel	Orión	0,1	-7,1	540.900	Supergigante blanca
Proción	Can Menor (Canis Minor)	0,4	2,7	11,3	Amarilla, secuencia principal
Achernar	Eridano	0,5	-1,3	85	Blanca, secuencia principal

* = 149.600.000 km



CAN MAYOR

Glosario

AFELIO: Punto más distante del Sol que alcanza un cuerpo en su órbita alrededor del Sol. (Ver Perihelio.)

AÑO: Tiempo que tarda un planeta en completar su órbita alrededor del Sol. Un año sideral es el tiempo que dura una órbita medida usando las estrellas fijas como punto de referencia para la posición.

AÑO LUZ: Unidad de distancia igual a la distancia recorrida por la luz (o por cualquier radiación electromagnética) en un año por el vacío. Un año luz tiene 9,46 millones de kilómetros o 63.240 unidades astronómicas o 0,3066 parsecs. Un segundo luz equivale a 299,792 kilómetros. (Ver Unidad astronómica, Parsec.)

APOGEO: Punto más alejado de la Tierra en la órbita de la Luna o de un satélite artificial alrededor de la Tierra.

ASTEROIDE (PLANETA MENOR): Pequeño cuerpo, rocoso en órbita alrededor del Sol, generalmente en el cinturón de asteroides que se ubica entre Marte y Júpiter.

ATMÓSFERA: Capa gaseosa externa de un planeta, satélite o estrella. No tiene un límite externo definido y se hace cada vez más tenue hasta confundirse con el espacio.

BIG BANG (TEORÍA): Teoría según la cual la existencia del Universo comenzó cuando el espacio, el tiempo y la materia se crearon en una gran explosión (el Big Bang o Gran Explosión) hace unos 10.000 ó 20.000 millones de años.

COMETA: Cuerpo pequeño y helado en órbita larga y excéntrica alrededor del Sol.

CONSTELACIÓN: Figura formada por un grupo de estrellas en el cielo. Las estrellas no están necesariamente asociadas físicamente entre sí, ya que pueden estar a distancias muy diferentes de la Tierra.

DÍA: Tiempo que tarda un planeta en completar la rotación alrededor de su eje. Un **día sideral** es el tiempo que tarda una estrella en volver a la misma posición en el cielo. Un **día solar** es el tiempo que transcurre entre una salida y la siguiente del Sol.

DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSELL: Gráfico que muestra la relación entre las luminosidades y los tipos espectrales (colores) de las estrellas. Puede incluir otros factores, como la temperatura estelar.

DISCO DE ACRECIÓN: Disco de materia que, debido a la gravedad, describe una espiral alrededor de un objeto, como un hoyo negro.

ECLIPSE: Oscurecimiento total o parcial de un cuerpo celeste por otro. En un **eclipse solar**, la Luna pasa entre el Sol y la Tierra, escondiendo el Sol parcial o totalmente para una zona pequeña de la Tierra. En un **eclipse lunar**, la Tierra se interpone entre la Luna y el Sol y la Luna pasa a través de la sombra de la Tierra.

ECLÍPTICA: Plano en el cual la Tierra orbita alrededor del Sol.

EJE DE ROTACIÓN: Línea imaginaria alrededor de la cual gira un cuerpo. La inclinación

axial es el ángulo entre el eje de rotación y la perpendicular al plano orbital. (Ver Órbita.)

ENANA BLANCA: Estrella colapsada, pequeña, muy densa en proceso de enfriamiento.

ENANA ROJA: Estrella pequeña con temperatura baja en su superficie y la luminosidad más baja de todas las estrellas de la secuencia principal. (Ver Estrella de la secuencia principal.)

ESFERA CELESTE: Esfera imaginaria sobre la cual parecen estar los objetos celestes, vistos desde la Tierra. El **ecuador celeste** está señalado por la proyección del ecuador terrestre sobre la esfera celeste. Los **polos celestes** son los puntos de la esfera celeste sobre los polos Norte y Sur de la Tierra.

ESPECTRO: Banda o series de líneas de radiación electromagnética producidas al separar la radiación en las longitudes de onda que la constituyen. Por ejemplo, los colores del arco iris son causados por la descomposición de la luz blanca que atraviesa las gotas de agua existentes en la atmósfera.

ESTRELLA BINARIA: Par de estrellas que giran una alrededor de la otra. Cerca de la mitad de las estrellas conocidas pertenecen a grupos de dos o más estrellas.

ESTRELLA ENANA: Estrella de la secuencia principal. (Ver Estrella de la secuencia principal.)

ESTRELLAS GIGANTES Y SUPERGIGANTES: Estrellas grandes con una gran luminosidad. Las gigantes son entre 10 y 1.000 veces más brillantes que el Sol, con diámetros de entre 10 y 100 veces el del Sol. Las supergigantes son las estrellas mayores y más luminosas, miles de veces más brillantes que el Sol y con diámetros de hasta 1.000 veces el del Sol.

ESTRELLAS DE NEUTRONES: Núcleo estelar que se ha colapsado hasta quedar constituido casi exclusivamente por neutrones. Tiene una masa de entre 1,5 y 3 veces la masa del Sol, pero un diámetro muy pequeño (habitualmente de unos 10 kilómetros). Las estrellas de neutrones se detectan como pulsares. (Ver Pulsar.)

ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL: Estrella que cae dentro de una diagonal bien definida en el Diagrama de Hertzsprung-Russell. Las estrellas de la secuencia principal producen energía en el interior de sus núcleos por la fusión del hidrógeno que se convierte en helio. (Ver Diagrama de Hertzsprung-Russell.)

ESTRELLA VARIABLE: Estrella cuyo brillo cambia.

FASES: Cambios aparentes que se producen en la forma de la Luna y de algunos planetas a medida que cambia la parte iluminada que es visible desde la Tierra.

GALAXIA: Conjunto de estrellas, gas y polvo unidos por la gravitación. Las galaxias se clasifican según su forma en espirales, elípticas o irregulares. Generalmente se encuentran en grupos conocidos como cúmulos.

GRAVITACIÓN (GRAVEDAD): Fuerza de atracción entre los cuerpos que depende de su masa y de la distancia entre ellos. Mantiene a los

cuerpos con menos masa en órbita alrededor de los cuerpos con más masa, como ocurre con los planetas alrededor del Sol.

GRUPO LOCAL DE GALAXIAS: Cúmulo de por lo menos 28 galaxias al cual pertenece la Vía Láctea.

HORIZONTE DE EVENTOS: Frontera de un hoyo negro. La luz que se emite en el interior del horizonte de eventos no puede escapar y, por lo tanto, es imposible observar los eventos que ocurren en su interior. (Ver Hoyo negro.)

HOYO NEGRO: Región del espacio alrededor de una estrella colapsada, donde la fuerza de gravedad es tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar. (Ver Horizonte de eventos.)

LUMINOSIDAD: Brillo de un cuerpo luminoso (por ejemplo, una estrella) dado por la energía total que irradia en un momento determinado.

LUNA: Satélite natural de cualquier planeta. También es el nombre del único satélite de la Tierra. (Ver Satélite.)

MAGNITUD: Medida del brillo de una estrella u otro cuerpo celeste. **Magnitud aparente** es el brillo procedente de un objeto visto desde la Tierra. **Magnitud absoluta** es la magnitud que tendría un objeto si se observara a una distancia de 10 parsec. (Ver Luminosidad.)

METEOROIDE: Partícula de polvo o de roca que viaja por el espacio a gran velocidad. Un meteorito (también llamado estrella fugaz) es el trazo de luz que se ve cuando un meteorito se quema al entrar en la atmósfera de la Tierra. Un meteorito es un meteorito de mayor tamaño que penetra en la atmósfera y llega a la superficie de la Tierra. Las lluvias de meteoritos se producen cuando la Tierra pasa por una zona del espacio donde hay partículas de polvo dejadas por un cometa.

MOVIMIENTO RETRÓGRADO: Movimiento contrario al sentido de los punteros del reloj (visto desde arriba) de un planeta alrededor del Sol o de un satélite alrededor de su planeta, o de un planeta alrededor de su eje o rotación.

NEBULOSA: Nube de gas y polvo interestelares. Las nebulosas se detectan como nebulosas de emisión, que brillan de reflexión, que dispersan luz estelar, y nebulosas oscuras, que oscurecen la luz de las estrellas o de nebulosas lejanas.

NEUTRINO: Partícula elemental sin carga eléctrica y, posiblemente, casi sin masa por lo que viaja a velocidades muy cercanas a la de la luz. Los neutrinos casi no interactúan con el resto de la materia.

ÓRBITA: Trayectoria curva que describe en el espacio un cuerpo debido a la atracción gravitatoria de un cuerpo de mayor masa. El **plano orbital** es el plano sobre el cual se describe la órbita. La **inclinación orbital** es el ángulo entre el plano orbital y un plano de referencia, como puede ser la eclíptica. El **período orbital** es el tiempo que tarda el cuerpo en completar una órbita. (Ver Año, Eclíptica.)

PARSEC: Unidad de distancia igual a 3,26 años luz o 206.265 unidades astronómicas. (Ver Unidad astronómica, Año luz.)

PERIGEO: Punto más cercano a la Tierra en la órbita de la Luna o de un satélite artificial alrededor de la Tierra. (Ver Apogeo.)

PERIHELIO: Punto más cercano al Sol en la órbita de un planeta o de cualquier otro cuerpo alrededor del Sol. (Ver Afelio.)

PLANETA: Cuerpo relativamente grande en órbita alrededor del Sol o de una estrella. Los planetas brillan solamente al reflejar la luz del Sol.

PROTOESTRELLA: Estadio más temprano en la vida de una estrella, durante el cual se condensa en una nebulosa, antes de convertirse en una estrella de la secuencia principal.

PULSAR: Fuente de ondas de radio en pulsos regulares (a veces luz y otras radiaciones). Se cree que los pulsares son estrellas de neutrones en rotación.

QUASAR (OBJETO CUASI-ESTELAR): Objeto compacto, extremadamente luminoso que aparece como una estrella cuando se ve desde la Tierra. Se sabe muy poco de los quasars, pero probablemente son núcleos de galaxias activas cuya fuente de energía pueden ser hoyos negros super pesados.

RADIACIÓN: Ondas de partículas emitidas por una fuente. La radiación electromagnética es energía que se transmite en forma de ondas e incluye los rayos gamma, rayos-X, radiación ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja, microondas y ondas de radio. La radiación de partículas incluye partículas elementales, como los protones y electrones, en el viento solar.

SATÉLITE: Cuerpo en órbita alrededor de otro cuerpo mayor. Los **satélites naturales** de los planetas se llaman lunas. Los **satélites artificiales** se han colocado alrededor de la Tierra, la Luna y algunos otros planetas (Ver Luna.)

SINGULARIDAD: Punto o región teóricos del espacio-tiempo donde fallan las leyes de la física. La teoría predice la existencia de una singularidad con densidad y presión infinitas en el centro de un hoyo negro.

SISTEMA DE ANILLOS: Disco fino de polvo, rocas o partículas de hielo en órbita en el plano ecuatorial de algunos planetas.

SISTEMA SOLAR: El Sol y todos los cuerpos que orbitan a su alrededor debido a la gravitación.

SOL: Estrella central del Sistema Solar. Es una estrella de la secuencia principal, con tamaño y luminosidad medias.

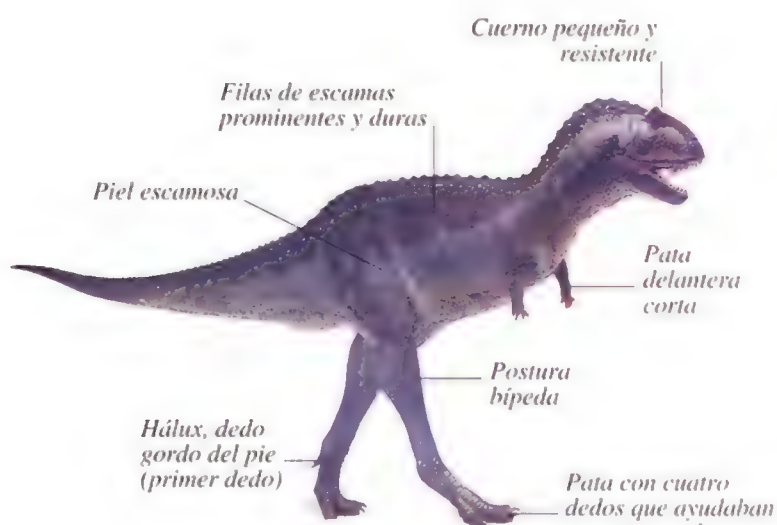
SUPERNOVA: Explosión catastrófica de una estrella pesada al final de su vida, durante la cual puede llegar a brillar tanto como una galaxia entera. Un **resto de supernova** es la nube en expansión que ella deja.

UNIDAD ASTRONÓMICA (UA): Unidad de distancia igual a la distancia media entre la Tierra y el Sol: 149,597,870 kilómetros.

VÍA LÁCTEA: Suave banda de luz procedente de la multitud de estrellas de nuestra galaxia, que se extiende por el cielo nocturno.

ENCICLOPEDIA VISUAL

VIDA PREHISTÓRICA



**DINOSAURIO TERÓPODO
CRETÁCICO TARDÍO**
(*Carnotaurus sastrei*)
Largo: 7,6 m

GLORIA



La calidad que usted conoce.

Expreso



DANAFRIA
Cerca de ti

**FÓSIL DE UN AVE
JURÁSICO TARDÍO**
(*Archaeopteryx lithographica*)

Vértebra
cervical

Impresión de
plumas de la cola

Órbita

Articulación
pélvica

Cúbito

Falange

Metacarpo

Cresta
sagital

**CONCHA DE MOLUSCO
PLIOCENO**
(*Ecphora quadricostata*)

Hueso
nasal

Arco
cigomático

**CRÁNEO DE UN
MAMÍFERO OLIGOCENO**
(*Hyaenodon horridus*)

Canino

Garra

Tibia

Húmero

**TERÓPODO,
CARBONÍFERO TEMPRANO**
(*Westlothiana lizziae*)

Impresión de
pluma del ala

Costilla

Omóplato

Húmero

Metacarpo

Pinula

Roca madre de
piedra caliza

Raíz

**FÓSIL DE UN LIRIO
ACUÁTICO SILÚRICO**
(*Dimerocrinites icosidactylus*)

Tallo

Base

**ESQUELETO DE
PLESIOSAURIO
JURÁSICO TARDÍO**
(*Cryptoclidus eurymerus*)

Espina
dorsal

Chevrón

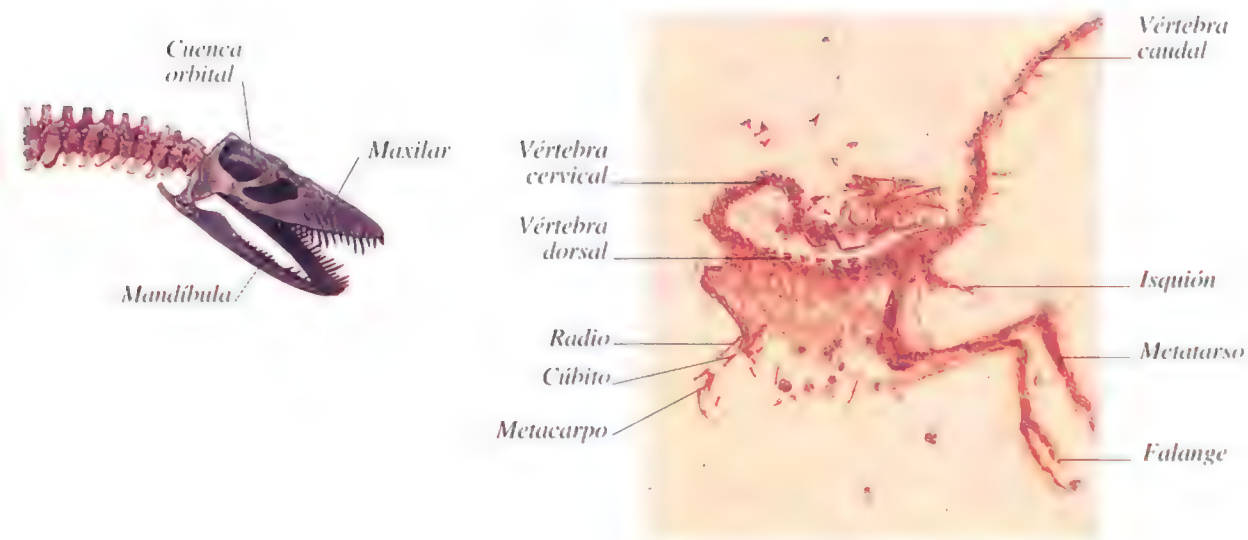
Vértebra
caudales

Isquión

Fémur

Tarso

VIDA PREHISTÓRICA



ESQUELETO DE UN DINOSAURIO
TERÓPODO JURÁSICO TARDÍO
(*Compsognathus longipes*)

AMEREIDA



Consejo Editorial

Londres:

Johnny Pau, Edward Bunting, Will Hodgkinson

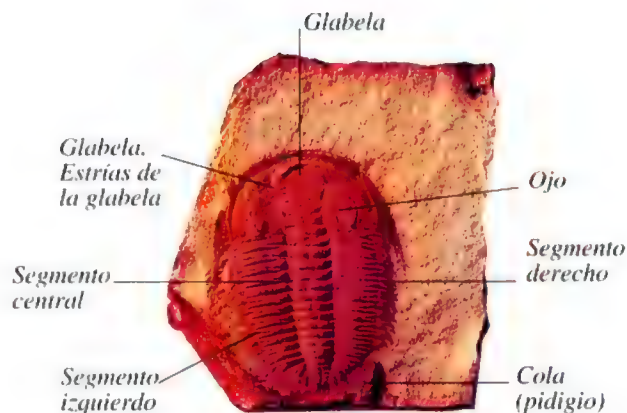
David Lambert, Barry Thomas

Philip Gilderdale, Ruth Midgley

John Temperton, Coral Mula, Deborah Maizels, Colin Rose

Sharon Southren

Hilary Stephens



TRILOBITES CÁMBRICO MEDIO

(Xystridura saint-smithii)

Título original: The Visual Dictionary of Prehistoric Life

Publicada originalmente en Gran Bretaña en 1995

por Dorling Kindersley Limited

9 Henrietta Street, London WC2E 8PS

Copyright © 1995 Dorling Kindersley Limited, London

1996

Todos los Derechos Reservados

Co-Edición EDITORIAL AMEREIDA S.A.

ERNESTO PINTO LAGARRIGUE 148

SANTIAGO-CHILE

TELÉFONO (562) 7371905 - FAX (562) 7359451

Sumario



CABALLO DE LA EPOCA EOCENO
(*Hyacotherium* sp.)



CRÁNEO DE DINOSAURIO
PERÍODO CRETÁCICO
(*Triceratops horridus*)



HOJA FÓSIL DE CICA
PERÍODO TRIÁSICO (*Cycas* sp.)



CRÁNEO Y ESPINA DORSAL
DE TERÁPODO PÉRMICO
TEMPRANO
(*Diplocaulus magnicornis*)

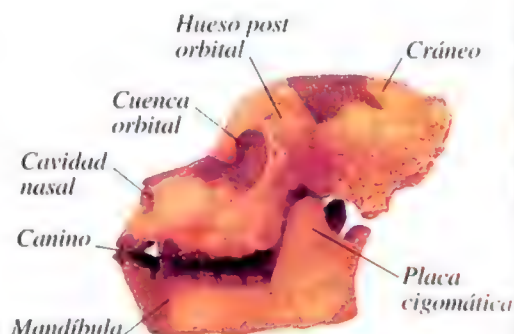
Prehistoria 126
Era Precámbrica 128
Era Paleozoica 130
Era Mesozoica 132
Era Cenozoica 134

Plantas Esporozoarias 136
Gimnospermas 138
Plantas de Floración 140
Primeros Invertebrados 142
Moluscos y Braquiópodos 144
Equinodermos y Artrópodos 146
Peces Primitivos 148

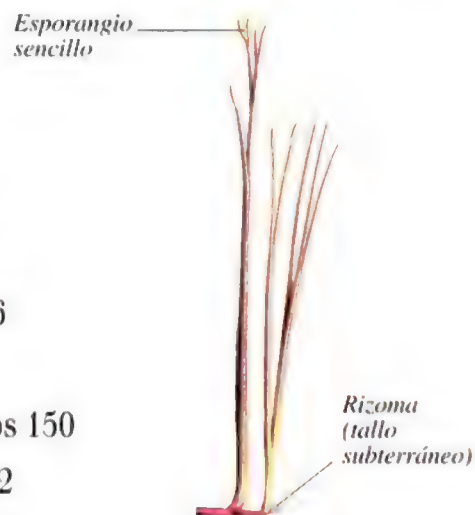
El Surgimiento de los Peces Modernos 150
El Surgimiento de los Anfibios 152
Reptiles Primitivos y Synápticos 154
Reptiles Marinos 156

Familia de los Dinosaurios 158
Dinosaurios Saurópodos 160
Dinosaurios Ornitópodos 162
Pájaros Primitivos 164
Mamíferos Primitivos 166
Mamíferos Carnívoros 168
Mamíferos Ungulados 170

Los Elefantes y sus Familias 172
Primates 174
Cronograma: Animales 176
Cronograma: Plantas 178
Índice 179



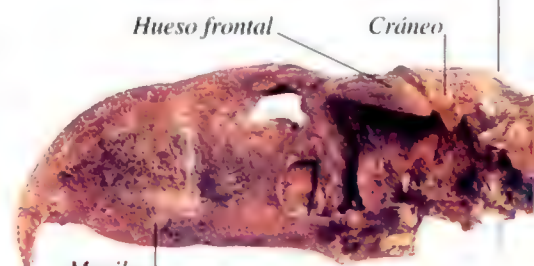
CRÁNEO DE UN PRIMATE
ÉPOCA OLIGOCENO
(*Aegyptopithecus* sp.)



PLANTA VASCULAR DEVÓNICO
(*Aglaophyton* sp.)

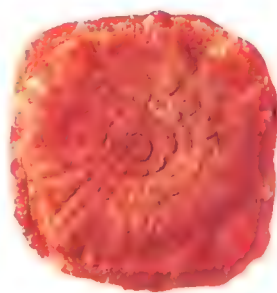


AMMONITES JURÁSICO
(*Asteroceceras obtusum*)



CRÁNEO DE UN PÁJARO DEL MIOCENO
(*Phorusracus inflatus*)

La Prehistoria



FOSIL NO CLASIFICADO
PROTEROZOICO TARDÍO
(*Mawsonites spriggi*)

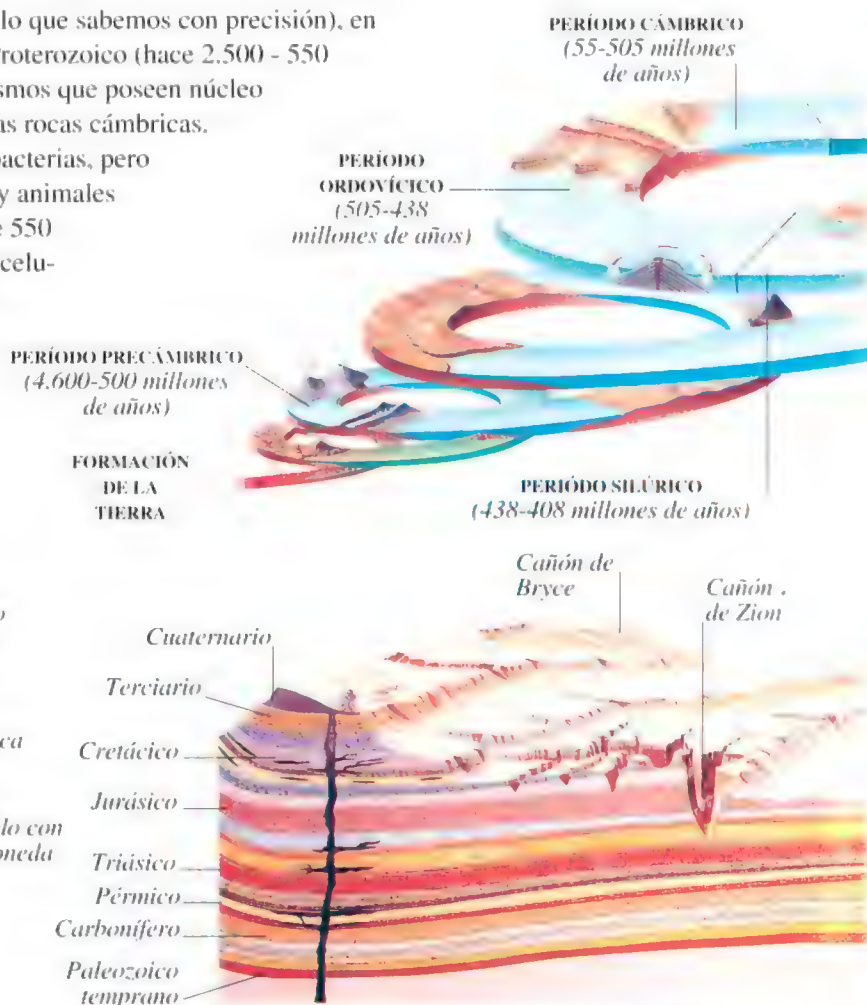
EL PASO DEL TIEMPO GEOLÓGICO está señalado por la lenta formación de rocas sedimentarias. Estas han tardado millones de años en formarse, mediante la sedimentación gradual de partículas como polvo y arena. La corteza terrestre ha acumulado gruesas capas de estas rocas, ubicándose las más antiguas al fondo y las más nuevas sobre éstas. En muchos lugares esta secuencia ha sido inclinada, plegada o afectada de una u otra forma debido a movimientos geológicos, los que han permitido que rocas antiguas afloren a la superficie y junto a ellas fósiles. El estudio de la vida prehistórica comienza con la identificación de la formación de las rocas y fósiles, y gran parte de este estudio es necesario para determinar su ubicación en el cronograma geológico. Esta línea de tiempo divide la historia de la Tierra en tres eones. El Eón Arcaico (hace 4.600 - 2.500 millones de años) comenzó con la formación del planeta y abarca el inicio de la vida (lejos de lo que sabemos con precisión), en

forma de procariotas (organismos sin núcleo celular). El Eón Proterozoico (hace 2.500 - 550 millones de años) abarca la aparición de los eucariotas (organismos que poseen núcleo celular). Se extiende hasta el período en que se sedimentaron las rocas cámbricas.

A inicios del Proterozoico, los únicos seres vivientes eran las bacterias, pero hacia fines de él había gran cantidad de plantas multicelulares y animales cuya vida se desarrollaba en el agua. El Eón Panerozoico (hace 550 millones de años) es el período en el cual los organismos multicelulares dominaron la vida en la Tierra. El Panerozoico abarca la era Paleozoica, Mesozoica y Cenozoica (ver págs. 130-135). Las eras están divididas en períodos, que a su vez se dividen en épocas.

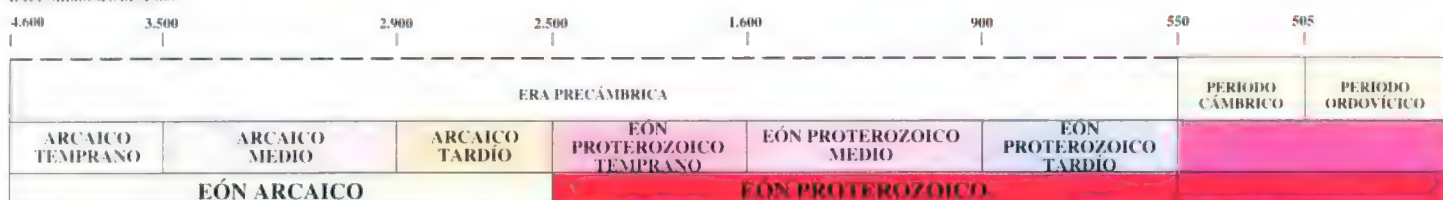
LÍMITE DE LOS PERÍODOS CRETÁCICO Y TERCIARIO

Corte de una roca en Gubbio, Italia Central

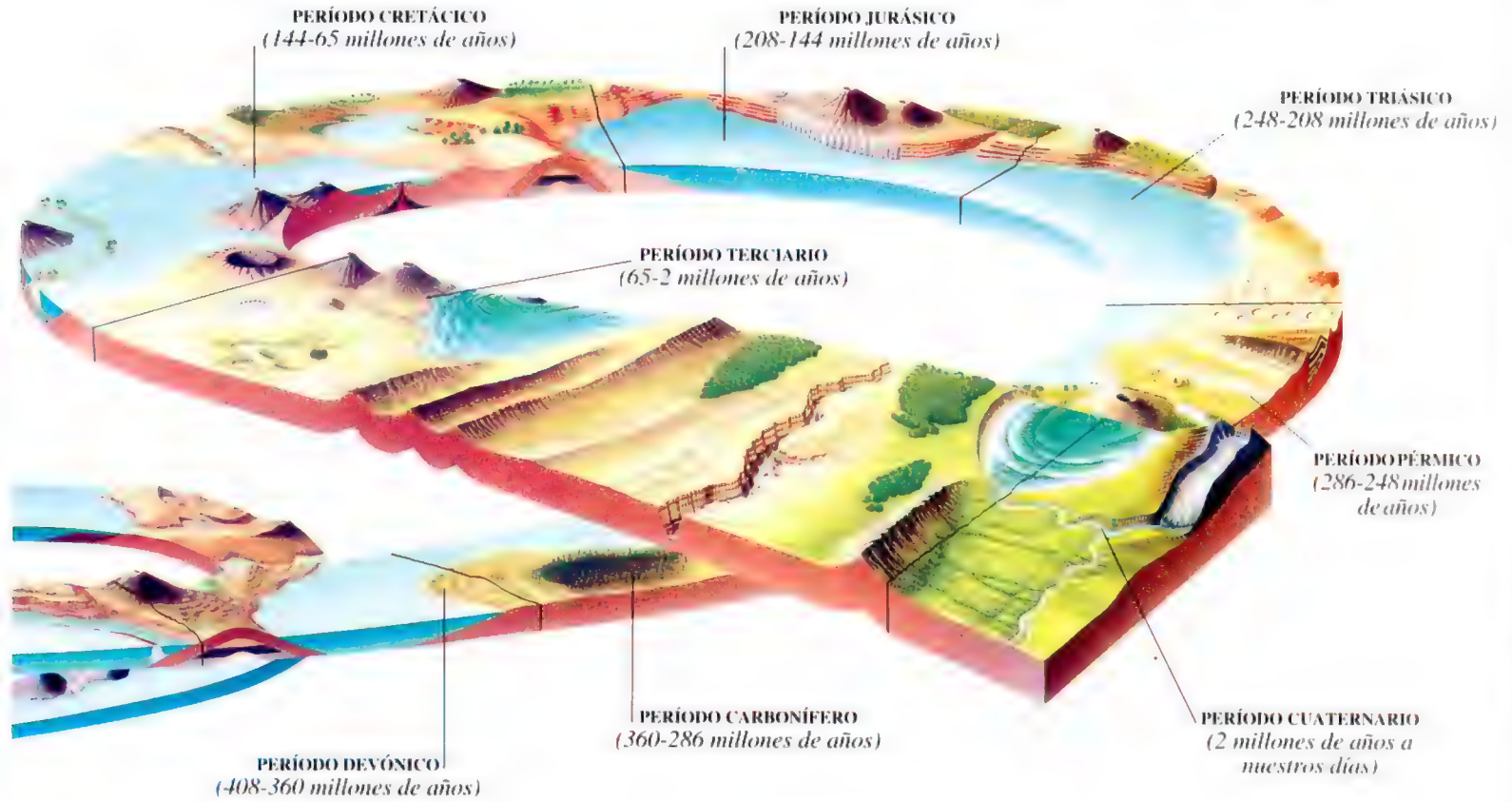


CRONOGRAMA GEOLÓGICO

HACE MILLONES DE AÑOS

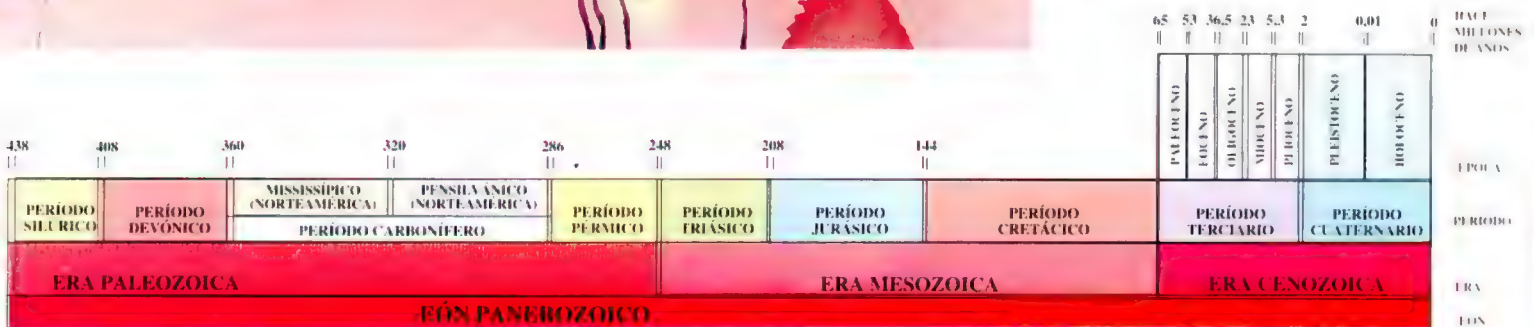
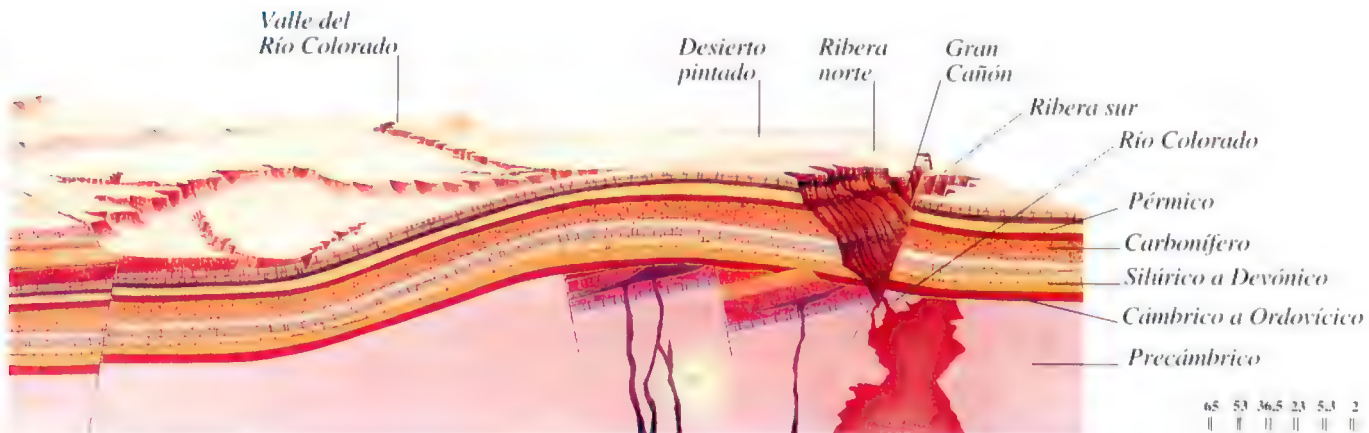


PERÍODOS GEOLÓGICOS EN LA HISTORIA DE LA TIERRA



REGIÓN DEL GRAN CAÑÓN, UTAH A ARIZONA, USA

Ejemplo de formación de rocas en la escala de tiempo geológico



Era Precámbrica

Era Precámbrica



VISTA GENERAL DE LA PREHISTORIA

LA ERA PRECÁMBRICA ocupa más de siete octavos de la historia de la Tierra. No se ha encontrado roca sedimentaria de los primeros 800 millones de años; aparentemente ellas han desaparecido debido a cambios geológicos. En Groenlandia se han encontrado sedimentos de 3.800 millones de años, conteniendo elementos químicos que indican la presencia de vida. Los

primeros seres vivos fueron las bacterias, que se clasifican como procariotas, organismos sin núcleo celular. Pareciera razonable situar su primera aparición hace aproximadamente 3.900 millones de años, en el primer tercio del Eón Arcaico (hace 4.600 - 2.500 millones de años). Durante el resto del Eón Arcaico, los únicos seres vivos fueron los procariotas. El segundo hito en el proceso de la evolución, hace aproximadamente 1.500 millones de años fue la aparición de los eucariotas: seres vivos que sí poseen núcleo celular. Esto ocurrió aproximadamente a mediados del Eón Proterozoico (hace 2.500 - 550 millones de años). Los primeros eucariotas fueron algas unicelulares. Estas, junto a los protozoos (otra forma de eucariotas unicelulares), formaron el reino de los Protistas. Considerando a ambos, los eucariotas forman un enorme super-reino que comprende cuatro reinos completos del mundo viviente: protistas, plantas, hongos y animales. Las primeras plantas, las algas multicelulares, aparecieron hace unos 1.000 millones de años. Los primeros fósiles encontrados de animales precámbricos fue en los montes Ediacara, Australia (y en otros lugares desde entonces). No está claro si todos ellos son fósiles animales; algunos, tales como los *Mawsonites* (ver pág. 6), son tan extraños que los científicos no concuerdan en cuanto a su clasificación.

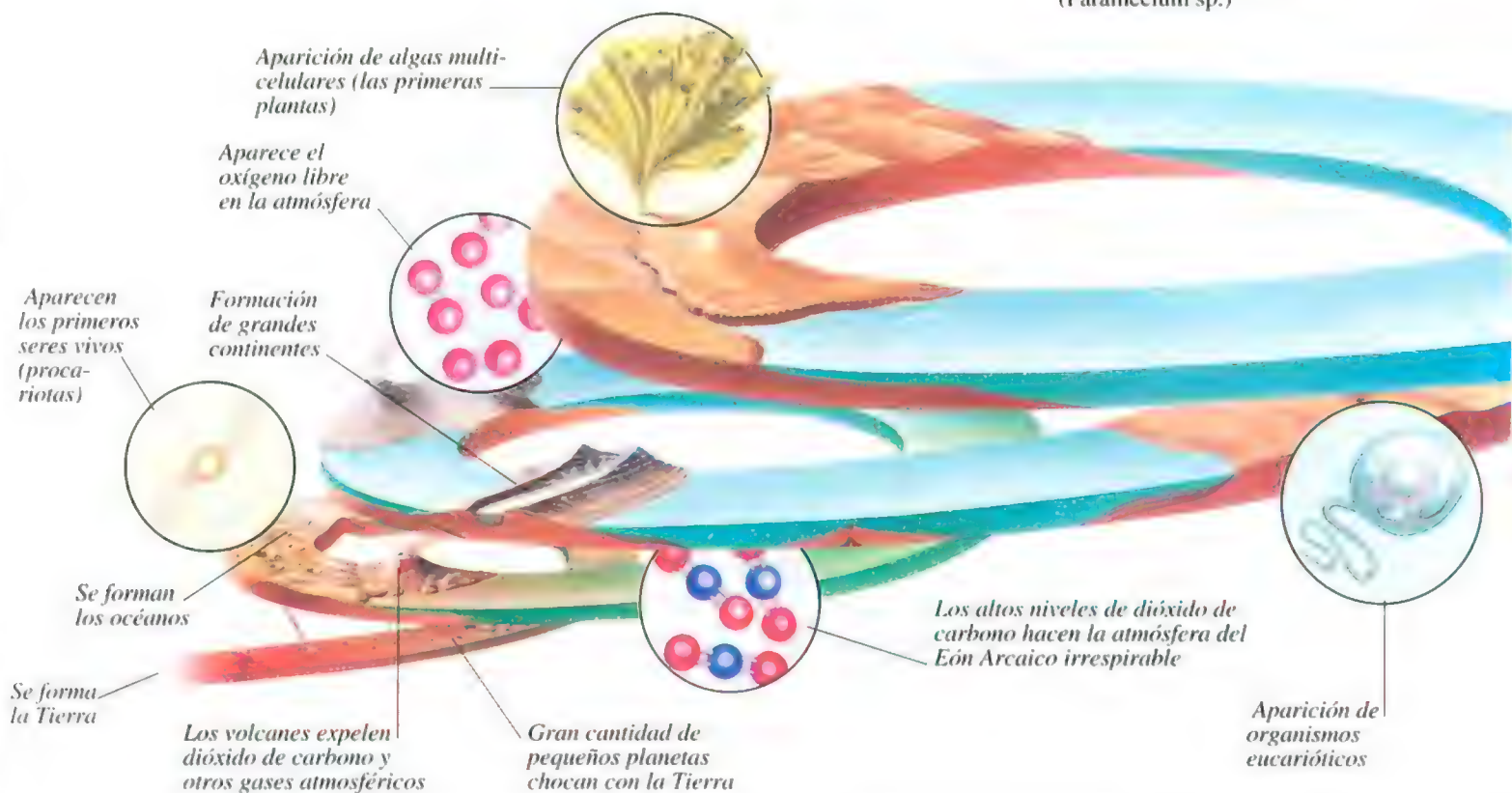
MICROFOTOGRAFÍA DE UN EUCARIOTA UNICELULAR



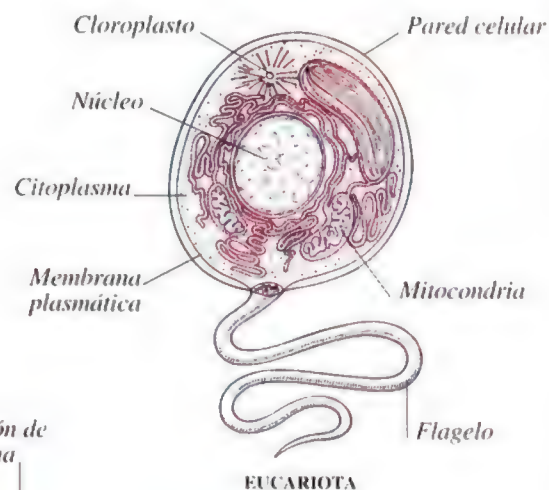
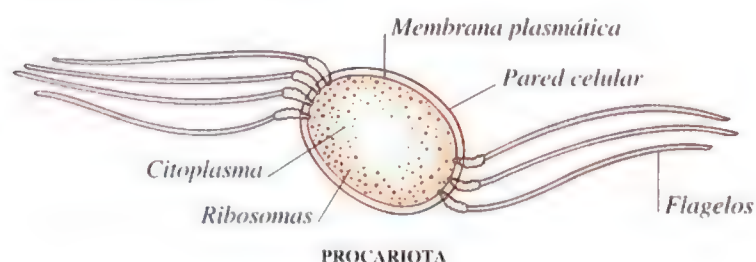
PROTISTA PROTEOZICO
Probablemente un quiste de alga, 580 millones de años



PROTISTA VIVIENTE
Un protozoo complejo (*Paramecium* sp.)



ESTRUCTURA CELULAR DE EUCARIOTAS Y PROCARIOTAS



Formación de fósiles de Eidacara

Formación de Gondwana

HITOS DE LA ERA PRECÁMBRICA

Fósil protozoario más antiguo registrado

La calidez y poca profundidad de los mares permitieron nuevas formas de vida animal. Ej. esponjas y corales

FRAGMENTO DE ESTROMATOLITO PROTEROZOICO

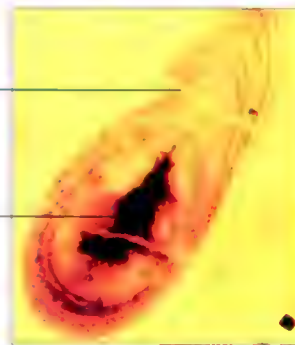
Hilos de algas adheridos con arena y barro (Collenia sp.)



MICROFOTOGRAFÍAS DE PROCARIOTAS

Hilillos del citoplasma

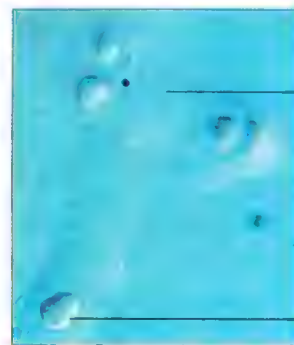
Parte más gruesa del citoplasma



FÓSIL DE UNA CIANOFÍCEA PROTEROZOICA

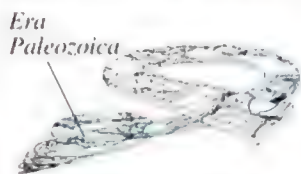
Hilillos del citoplasma

Parte más gruesa del citoplasma



GRUPO DE CIANOFÍCEAS VIVIENTES

Era Paleozoica

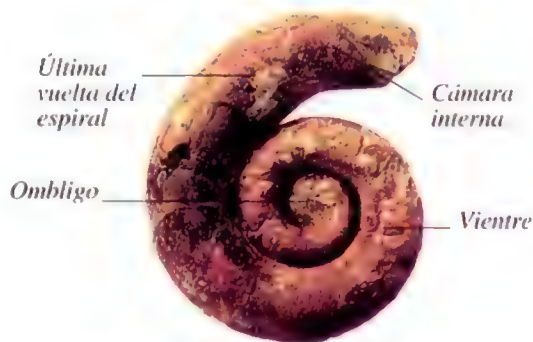


VISTA GENERAL
DE LA PREHISTORIA

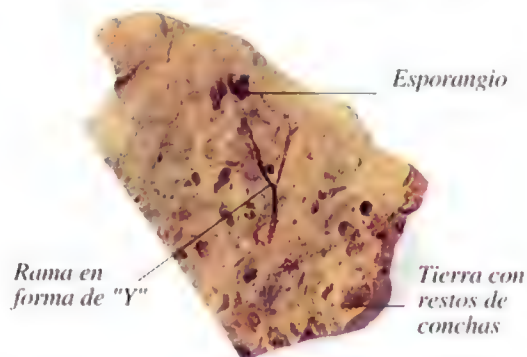
DURANTE LA ERA PALEOZOICA (hace 550 - 248 millones de años) fue la primera vez que prosperó la vida animal y vegetal. A comienzos del período Cámbrico (hace 550 - 505 millones de años) hubo un rápido desarrollo en el proceso de evolución: dentro de un período relativamente breve surgieron gran cantidad

de esponjas, gusanos, artrópodos y moluscos. Casi 100 millones de años después, hacia fines del período Ordovícico (hace 505 - 438 millones de años) evolucionaron los primeros vertebrados reales: los peces sin mandíbulas. Durante el período Silúrico (hace 438 - 408 millones de años) los artrópodos y las plantas primitivas poblaron las tierras secas. Los primeros bosques aparecieron en el período Devónico (hace 408 - 360 millones de años). Los primeros tetrápodos (vertebrados cuadrúpedos) evolucionaron de peces con aletas de piel, y dieron origen a los anfibios. En el período Carbonífero, (360 - 286 millones de años) los anfibios, a su vez, dieron origen a los reptiles y aparecieron los insectos alados. Durante toda la Era Paleozoica las masas de tierra estaban en constante cambio de posición, y durante el período Pérmico (hace 286 - 248 millones de años), éstas se juntaron formando la Pangea, el supercontinente. Estos cambios geológicos ocasionaron profundos efectos en el clima de la Tierra y durante el período Pérmico tardío, se cree que un vasto proceso de desertificación a través de toda la Pangea, fue la causa de la extinción masiva que puso fin a la Era Paleozoica.

FOSILES DE LA ERA PALEOZOICA



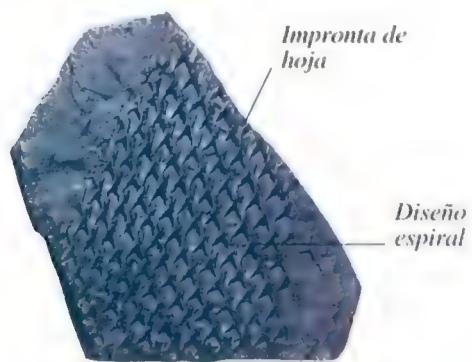
CONCHA DE UN MOLUSCO NAUTILOIDE
ORDOVÍCICO (*Cooksonia hemisphaerica*)



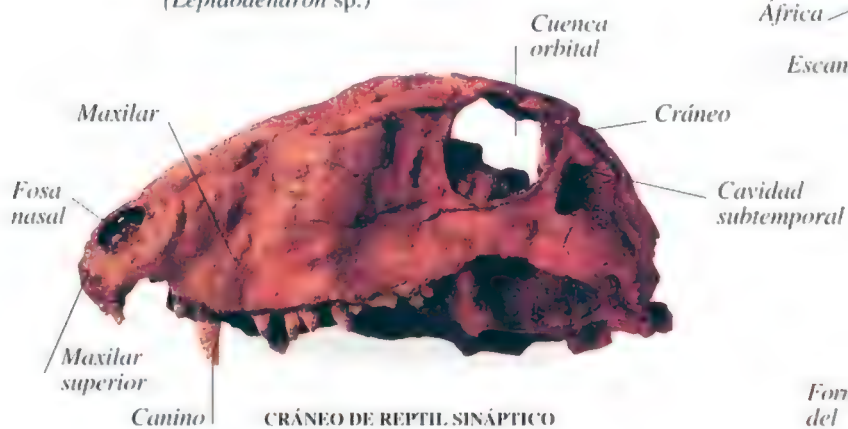
PLANTA TERRESTRE SILÚRICO
TARDÍO

HITOS EN LA ERA PALEOZOICA



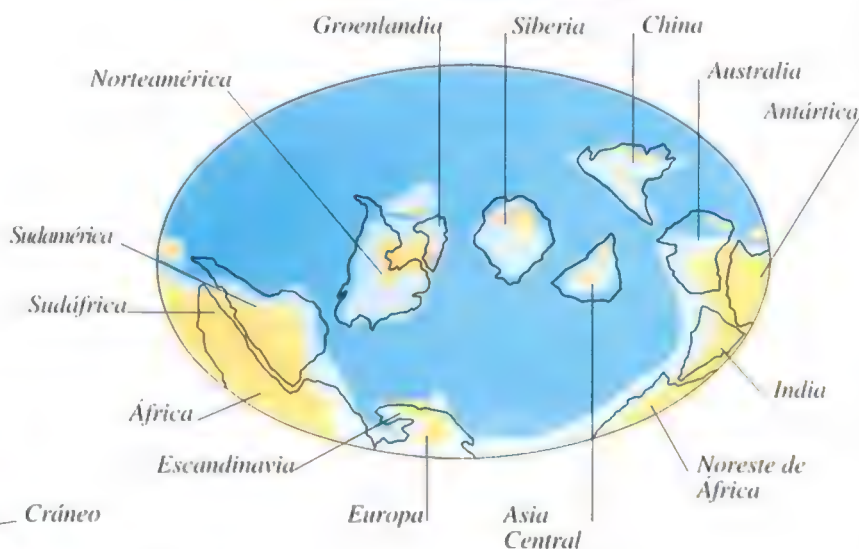


CORTEZA DE LICOPODIO CARBONÍFERO
(*Lepidodendron* sp.)



CRÁNEO DE REPTIL SINÁPTICO
PÉRMICO TEMPRANO

UBICACION DE LAS MASAS TERRESTRES ACTUALES EN EL ORDOVÍCICO MEDIO



Extinciones masivas

Formación del Pangea

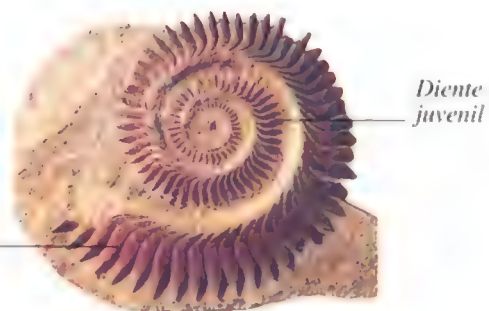
Aparición de los primeros insectos alados

Surgen bosques formadores de carbón

Aparecen los primeros reptiles que se conocen

CARBONÍFERO

PÉRMICO



DIENTES DE TIBURON PÉRMICO
(*Helicoprion bessonowi*)

Era Mesozoica



VISTA GENERAL DE LA PREHISTORIA

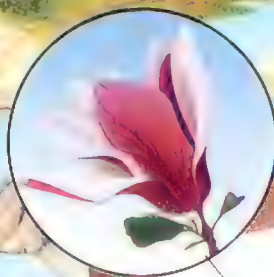
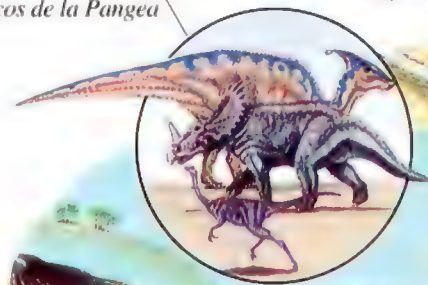
LA ERA MESOZOICA (hace 248 - 65 millones de años) se inició con las masas de tierra todavía juntas, llamado el supercontinente Pangea. Un clima cálido a moderado facilitó la propagación de reptiles de sangre fría, y durante el Período Triásico (hace 248 - 208 millones de años) hubo una gran cantidad de grupos de reptiles que evolucionaron, para posteriormente extinguirse. Grupos que duraron más tiempo, como las tortugas, cocodrilos, pterosaurios, ictiosaurios, y dinosaurios aparecieron durante el Período Triásico Tardío. Durante este período aparecieron también los mamíferos que permanecieron sin mayor desarrollo por casi cerca de 140 millones de años debido a sus predadores y reptiles mayores. En el Período Jurásico (hace 208 - 144 millones de años), grandes movimientos geológicos hicieron que la Pangea se dividiera convirtiéndose en el principio de los actuales continentes. Las plantas con flor tuvieron su apogeo durante el Período Cretácico (hace 144 - 65 millones de años). El fin de la Era Mesozoica fue marcado por la extinción masiva de los dinosaurios, pterosaurios, grandes reptiles marinos y muchos otros animales. Una de las explicaciones posibles es un inmenso cráter dejado por un asteroide que cayó en México hace 65 millones de años. El polvo provocado por la explosión puede haber ocasionado condiciones invernales en todo el planeta, que muchos de los animales mayores no pudieron resistir.

Diversidad de dinosaurios posterior a los cambios geológicos de la Pangea

Aparecen las coníferas

Aparecen las cicadáceas

Aparecen las aves



CRETÁCICO

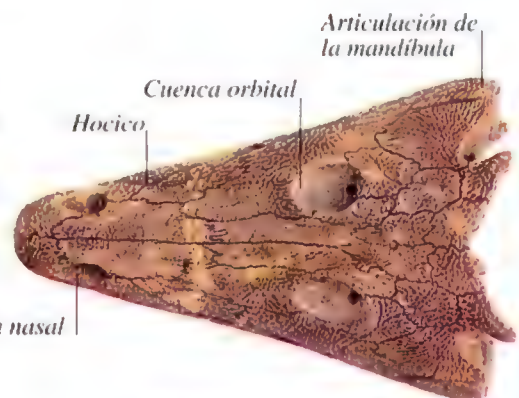
Aumentan los depósitos de gas y petróleo

Aparecen las plantas con flor

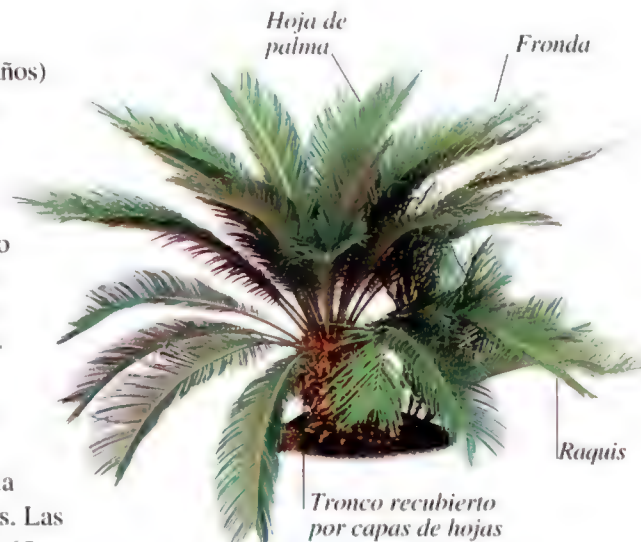
Hace 65 millones de años

Ocurren grandes formaciones de montañas

Se extinguen los dinosaurios

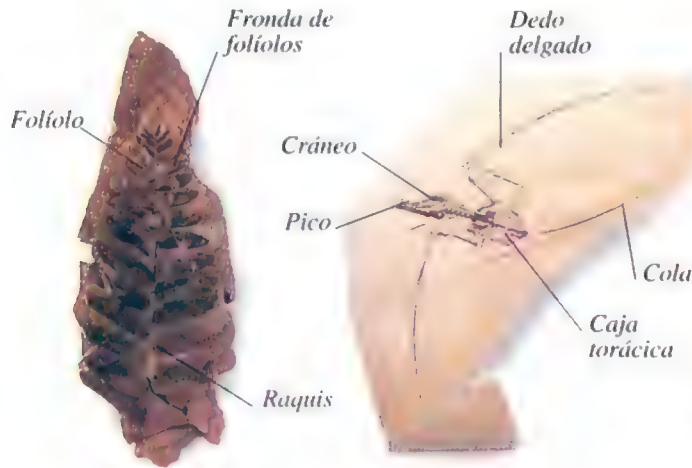


ANFIBIO TRIÁSICO (*Benthosuchus* sp.)



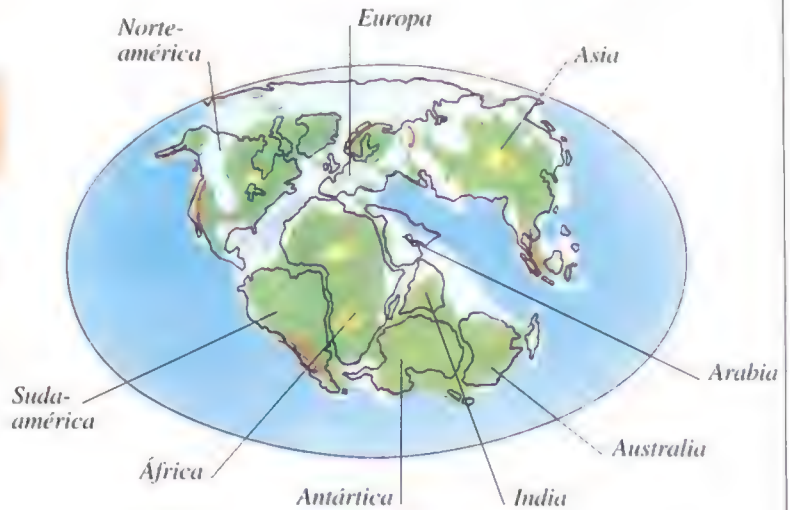
CICA MODERNA (*Cycas revoluta*)

UBICACIÓN DE MASAS TERRESTRES ACTUALES EN EL JURÁSICO

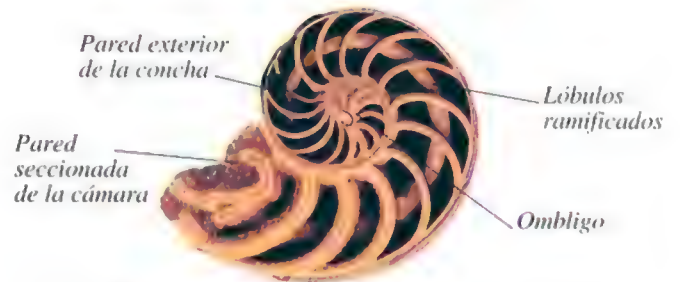


HOJA DE CICA
PERÍODO TRIÁSICO
(*Cycas* sp.)

PTEROSAURIO
PERÍODO JURÁSICO
(*Rhamphorhynchus* sp.)



HITOS EN LA ERA MESOZOICA



SECCIÓN DE FÓSIL NAUTILOIDE
PERÍODO JURÁSICO

Evolución de los dinosaurios

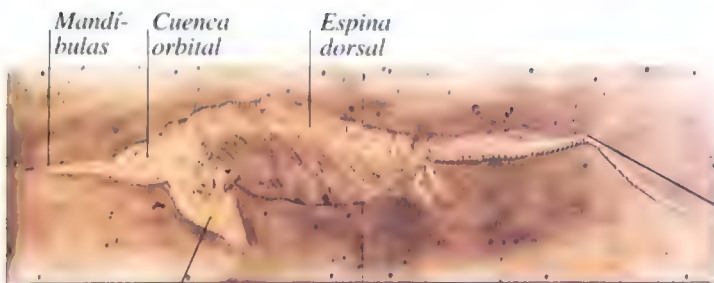
JURÁSICO

TRIÁSICO

Hace 208 millones de años

Evolución de los mamíferos

Hace 248 millones de años



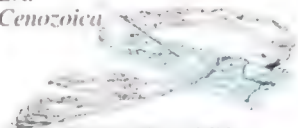
ICTIOSAURIO JURÁSICO
(*Ichthyosaurus megacephalus*)

Parte inferior ensortijada

Era Cenozoica

Era

Cenozoica



VISTA GENERAL DE LA PREHISTORIA

LA ERA CENOZOICA abarca los últimos 65 millones de años, y comprende dos períodos, el Terciario (hace 65 - 2 millones de años) y el Cuaternario (hace 2 millones de años hasta nuestros días), los cuales a su vez se subdividen en épocas. Después de la extinción de los dinosaurios y de los grandes reptiles marinos, los mamíferos se multiplicaron y se expandieron en sus territorios. Entre ellos, algunos

grupos se desplazaron únicamente hacia los nuevos y aislados continentes de Sudamérica (isla de unos 73 - 3 millones de años), y Australia. Los primeros mamíferos eran muy pequeños y no existió ninguno más grande que una rata antes de la Época Paleoceno (hace 65 - 53 millones de años). Durante el Eoceno (hace 53 - 36,5 millones de años), evolucionaron las ballenas y los caballos, aunque estos últimos no eran más grande que un zorro. En el Oligoceno (hace 36,5 - 23 millones de años) aparecieron los pastizales, dando nuevas oportunidades a los mamíferos herbívoros y a sus predadores. Las praderas aumentaron durante el Mioceno (hace 23 - 5,3 millones de años) y el Plioceno (hace 5,3 - 2 millones de años). La primera época del período Cuaternario fue la Época Pleistoceno (hace 2 millones - 10.000 años), durante la cual una serie de fenómenos glaciares se desarrollaron en el Hemisferio Norte. La Época Holoceno, en la cual vivimos actualmente, no es más que un período cálido pasajero antes de una próxima glaciación.



CONCHA DE MOLUSCO
ÉPOCA PLIOCENO
(*Ecphora quadricostata*)

Aparecen los caballos
(Ej. *Hyracotherium*)

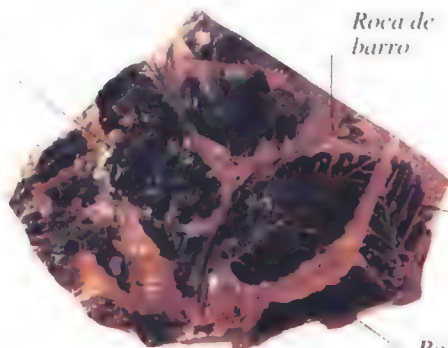
Se empiezan
a formar los
Himalayas

Aparecen las ballenas
(Ej. *Basilosaurus*)

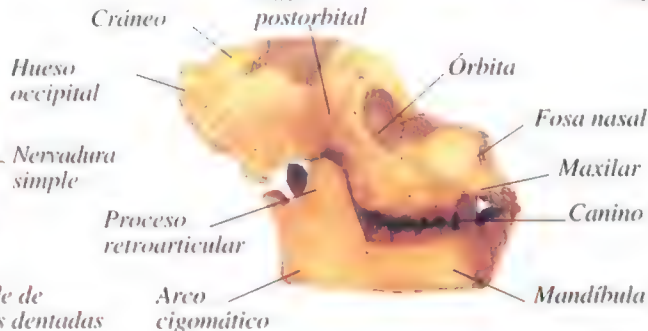


Fósil de
carbon
cete

Roca de
barro

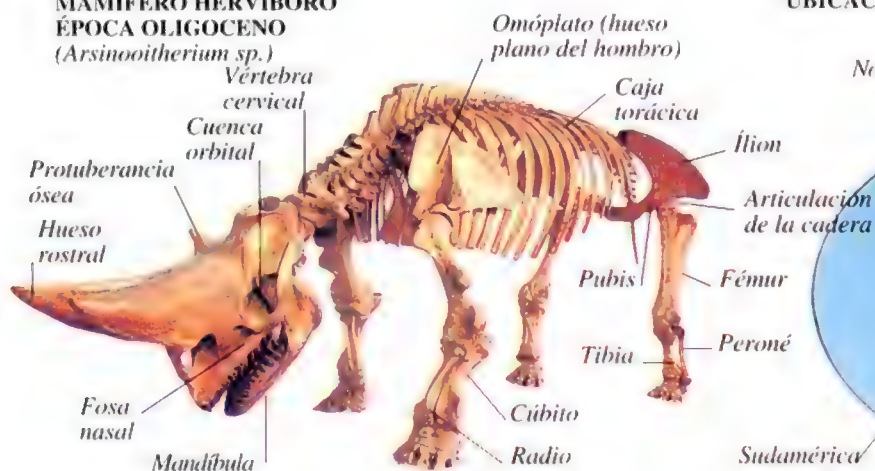


HOJAS DE ABEDUL. ÉPOCA MIOCENO



CRÁNEO DE PRIMATE OLIGOCENO
(*Aegyptopithecus* sp.)

**MAMÍFERO HERVÍBORO
ÉPOCA OLIGOCENO**
(*Arsinoitherium* sp.)



UBICACIÓN DE MASAS TERRESTRES ACTUALES EN EL EOCENO



Aparecen los carnívoros modernos (Ej. *Dinictis*)

Aparecen aves que cantan (Ej. *alcaudón*)

HITOS DE LA ERA CENOZOICA

El Río Colorado comienza a esculpir el Gran Cañón

Praderas reemplazan áreas boscosas

Cuernos

Paletus

Cuenca orbital

Fosa nasal

CRÁNEO DE UNGULADO. PLEISTOCENO
(*Megaloceros* sp.)

Último período glaciar del Pleistoceno



Aparece y se multiplica el ser humano (*Homo sapiens sapiens*)

ÉPOCA MIOCENO

Se empieza a formar Sierra Nevada

5.3

ÉPOCA PLEISTOCENO

2

PERÍODO CUATERNARIO

0.01

ÉPOCA HOLOCENO

0

Plantas Esporozoarias

LAS ALGAS DIERON ORIGEN a las primeras plantas esporozoarias en el Período Silúrico (hace 438 - 408 millones de años). Muchas plantas de tierra, además de los musgos y las hepáticas, son plantas vasculares; es decir, tienen unos tubos que llevan la savia, sus estambres tienen células especialmente fuertes que les permiten mantenerse rígidas en tierras secas. La planta vascular más antigua que se conoce es la *Cooksonia* (ver pág 130), de hace 422 millones de años. Durante los 30 millones de años siguientes, evolucionaron nuevas formas de plantas, incluyendo la *Aglaophyton*, del Período Devónico. El Equiseto (correhuela), el helecho y el licopodio, aparecieron

durante el Período Devónico (hace 408 - 360 millones de años) y se les conoce como pteridófitas. Las pteridófitas aumentaron paulatinamente de tamaño, y los helechos y licopodios más grandes se dieron en los pantanos formadores de carbón durante el Carbonífero Tardío (hace 320 - 286 millones de años). Todas las plantas esporozoarias se reproducen en dos etapas. En la primera etapa, las plantas (el esporófito) producen esporas, las cuales crecen en la etapa gametófito, durante la cual aparecen las células sexuales femeninas y masculinas (gametos). El gameto masculino fertiliza al femenino, dando origen a un nuevo esporofito. En las formas heterósporas, tales como el licopodio *Selaginella*, el esporófito produce esporas de dos tipos. La espora masculina (microspora) y la espora femenina (megáspora) dan origen a dos diferentes gametófitos. La fertilización, entonces, da origen al desarrollo de un nuevo esporófito.

FÓSILES DE PLANTAS PRIMITIVAS

Rasgos
generales de
la planta



BYTHOTREPHIS

Impronta
fósil

Estructura
de ramas
simple

ALGA PARDA DEL SILÚRICO
TARDÍO
(*Bythotrephes gracilis*)



Talo

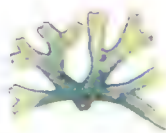
RAMIFICACIÓN HEXAGONAL



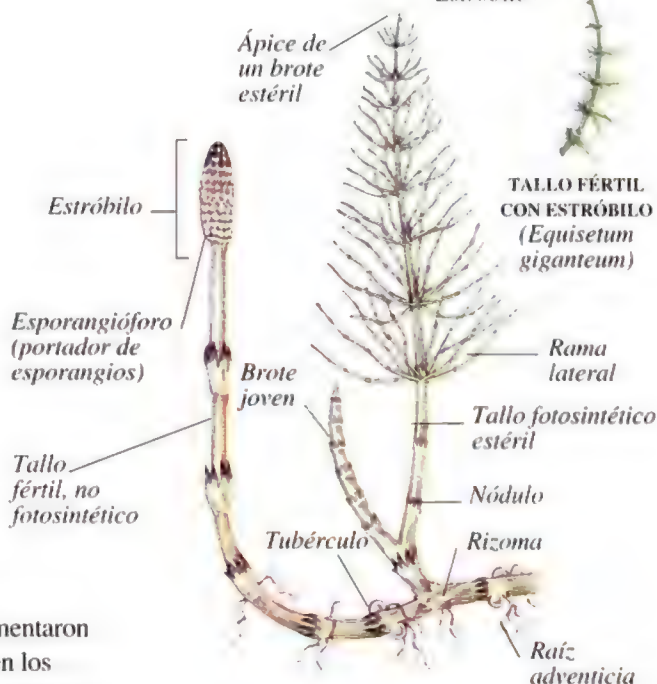
Estructura
de ramas
simple

Película de carbón
(permanece en la
planta)

UNA HEPÁTICA DEL MESOZOICO
(*Hexagonocaulon minutum*)



CARACTERÍSTICAS DE UN EQUISETO VIVO



TALLO FÉRTIL
CON ESTRÓBILLO
(*Equisetum
giganteum*)

ESTRUCTURAS PRINCIPALES



Broto con hojas



ASTEROPHYLLITES

Fronde
enrollado

Nódulo

Rama

Piedra base de pizarra

EQUISETO GIGANTE. CARBONÍFERO TARDÍO
(*Asterophyllites equisetiformis*)



MICROFOTOGRAFÍAS DE ESPORAS FÓSILES Y VIVAS DE HELECHO

CARACTERÍSTICAS DE UN LICOPODIO GIGANTE CARBONÍFERO (*Lepidodendron* sp.)

CICLO DE VIDA DE UN LICOPODIO HETERÓSPORO (*Selaginella* sp.)

ESPORA DE UN HELECHO TERCIARIO (*Cyatheidites annulata*)

ESPORA DE UN HELECHO MESOZOICO (*Matonia braunii*)

ESPORA DE UN HELECHO VIVO (*Matonia pectinata*)

ESPORA DE UN HELECHO VIVO (*Matonia pectinata* var. *foxworthyi*)

ESPORANGIO DE UN HELECHO VIVO (*Pronephrium asperum*)

Ramas

Hojas

Cono

Base hinchada de la hoja

Tronco, hasta 12 metros

Corte de tallo mostrando la estructura vascular

Raíz fina y corte

Rizoide (genera las raíces)

Epidermis (capa externa)

Base de greda y hierro

Fósil tridimensional

Microsporangio

Esporófito

Megasporangia

DESARROLLO DE ESPORANGIOS EN EL CONO

Liberación gametos vasculares

Gameto vascular

MICRÓSPORA SE ABRE

Gametófito masculino entra el arquegonio (órgano sexual femenino)

Embrión

DESARROLLO DEL EMBRIÓN

Gametófito femenino

Restos de megáspora

DESARROLLO DE UN NUEVO ESPORÓFITO

Esporófito

Microsporangio

Microsporas (esporas masculinas)

LIBERACIÓN DE MICRÓSPORAS

Esporófito

Megasporangia

Megáspora (espora femenina)

LIBERACIÓN DE MEGÁSPORAS

Gametófito femenino

FERTILIZACIÓN

Esporófito

DESARROLLO DE UN NUEVO ESPORÓFITO

Gimnospermas

LAS GIMNOSPERMAS SON PLANTAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS pero que no florecen. En un ciclo de vida típico de una gimnosperma, el polen es transportado por el viento al óvulo, donde libera el gameto masculino (esperma) que fertiliza el huevo. Existe una variedad de formas mediante las cuales el gameto masculino llega al huevo; en las cicadáceas, un pequeño tubo de polen precede al largo tubo de polen de las coníferas y plantas de flores. El gameto masculino de las cicadáceas tiene movilidad (puede nadar) y logra así completar su trayecto. Las primeras gimnospermas fueron las semillas de helechos, que aparecieron en el Período Devónico (hace 408 - 360 millones de años) y murieron durante la Era Mesozoica. Las cicadáceas aparecieron durante el Período Pérmico (hace 286 - 248 millones de años); algunas especies aún sobreviven diseminadas en regiones tropicales y de temperaturas cálidas. Los ginkgos o culantrillos se distribuyeron por todo el mundo durante la Era Mesozoica, pero la única especie sobreviviente crece (como planta silvestre) sólo en una pequeña parte de China. Las coníferas tienen el récord de ser los fósiles más antiguos de todas las gimnospermas, su récord de mayor antigüedad se remonta al Carbonífero Tardío (hace 320 - 286 millones de años). Las coníferas se diversificaron durante el Período Pérmico y continuaron durante la Era Mesozoica. Aunque las plantas de flores las relegaron fuera de muchos hábitats, aún hoy las coníferas dominan extensas áreas de vegetación del mundo.

SEMILLAS DE UN HELECHO DEL CARBONÍFERO (*Trigonocarpus adamsi*)



SECCIÓN DE CONOS DE PINO VIVO (*Pinus silvestris*)

Escama fructífera (estructura que contiene la nucela)

Nucela (contiene los gametos femeninos)

Microsporófilo (hoja modificada que lleva los microsporangios)

Escama de la bráctea

Eje del cono

Microsporangio (estructura en la cual forman los granos de polen)

Escama de la hoja

CONO FEMENINO DE DOS AÑOS

CONO MASCULINO JOVEN

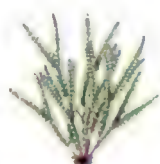
MICROFOTOGRAFÍAS DE GRANOS DE POLEN DE GIMNOSPERMAS VIVOS

Papila

Escama (pared externa de un grano de polen)

CULANTRILLO O GINKGO (*Ginkgo biloba*)

CEDRO JAPONÉS (*Cryptomeria japonica*)



DICROIDIUM

Base

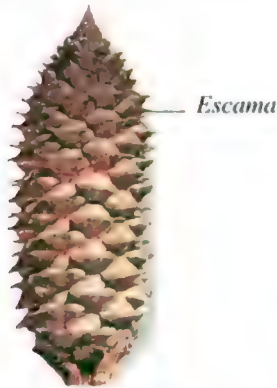


Pares opuestos de hojas

Hoja en forma de "y"

FÓSIL DE SEMILLA DE HELECHO TRIÁSICO (*Dicroidium* sp.)

ÓRGANOS REPRODUCTORES DE CICADÁCEAS
(*Ceratozamia mexicana*)



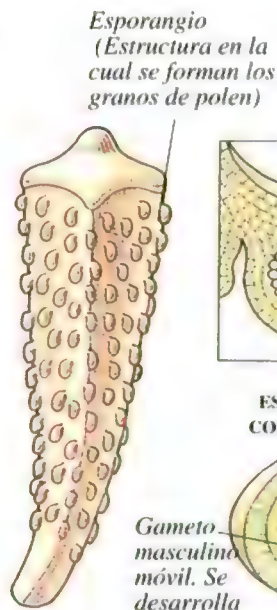
CONO FEMENINO



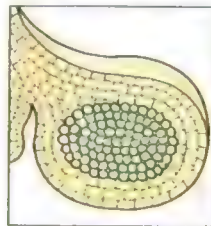
CONO MASCULINO



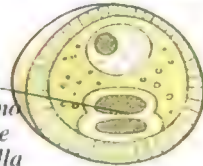
ESCAMA DE CONO FEMENINO



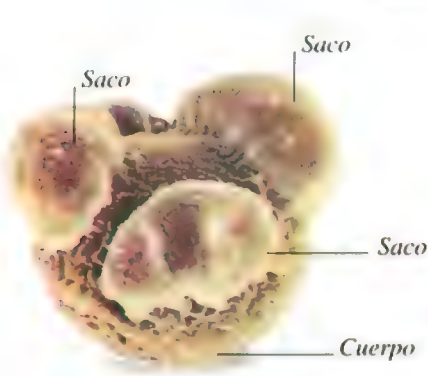
ESCAMA DE CONO MASCULINO



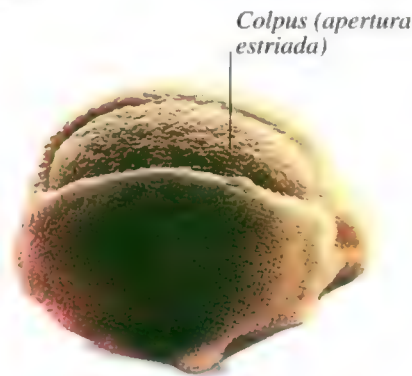
ESPORANGIO DE CONO MASCULINO



GRANO DE POLEN

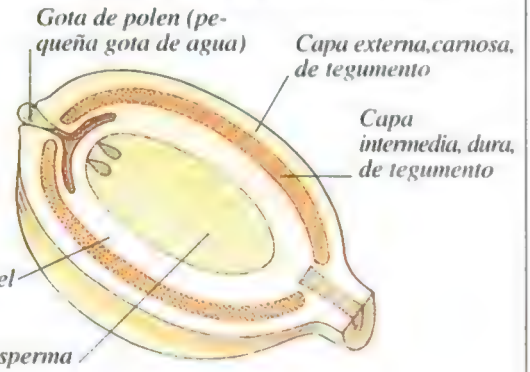


PODOCARP
(*Dacrydium* sp.)

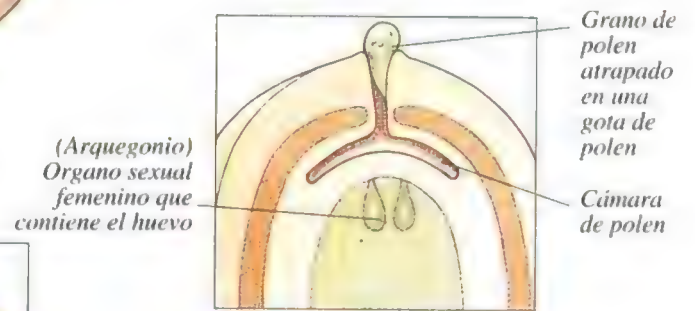


CICADÁCEA
(*Ceratozamia* sp.)

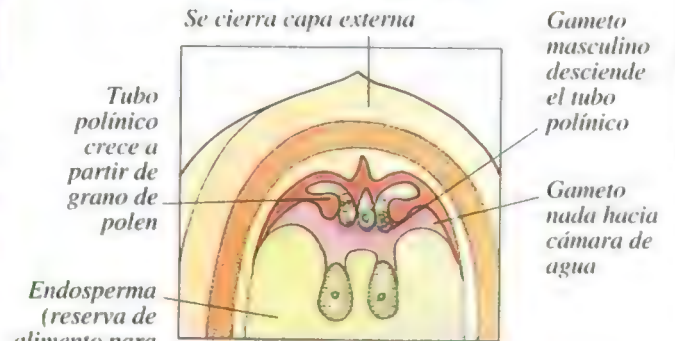
FERTILIZACIÓN DE UNA CICADÁCEA



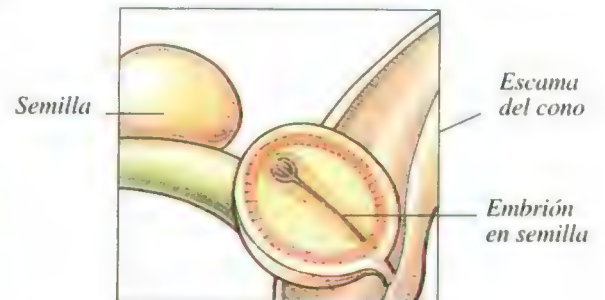
NUCELA ANTES DE LA FERTILIZACIÓN



NUCELA ATRAPA EL POLEN



FERTILIZACIÓN



SEMILLAS MADURAS
LISTAS PARA SER LIBERADAS

Plantas con flores

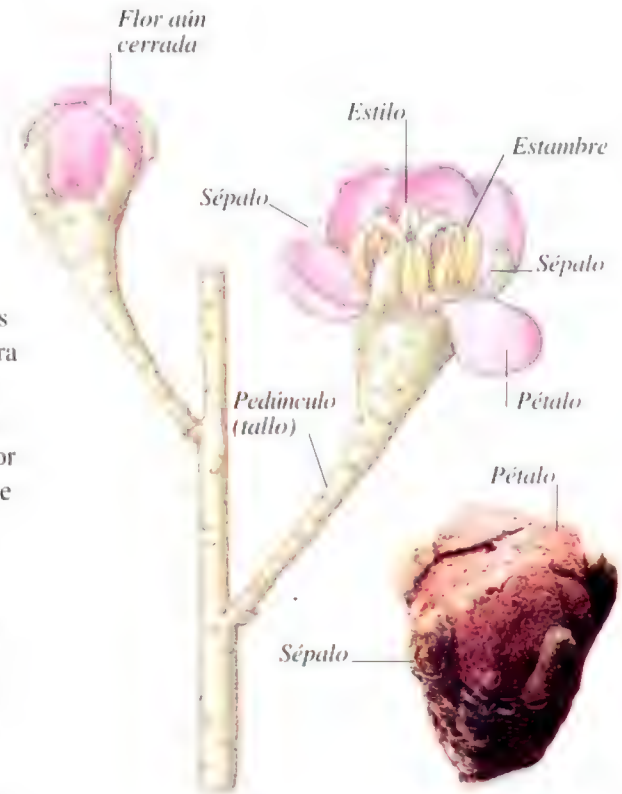


POLEN GERMINANDO DE UNA AMAPOLA

LAS PLANTAS CON FLORES (ANGIOSPERMAS) se diversificaron rápidamente a mediados del Cretácico, hace unos 100 millones de años, hasta convertirse en el grupo dominante de la flora del planeta. Es difícil definir la flores, pero existen dos características que son comunes a casi todas las angiospermas: el óvulo (semilla) que se encuentra dentro de un ovario (fruto), y la existencia de un

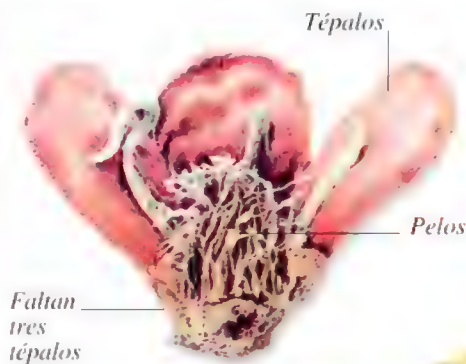
doble proceso de fertilización. Dos gametos masculinos son llevados a través del tubo polínico a un mismo óvulo, uno para fertilizar el óvulo, y el otro para el elemento que lo rodea, que se convierte en nutriente para la semilla. Las primeras familias angiospermas están tal vez relacionadas con los modernos laureles y magnolias, pero aquellas tenían flores más simples y eran de menor tamaño. Luego del inicio de la gran diversificación, hace unos 95 millones de años, ya existían parientes de los modernos avellanos, rosas y lilium. La división de las angiospermas dicotiledóneas (con dos hojas embrionarias) y monocotiledóneas habría ocurrido durante el Cretácico temprano. Las dicotiledóneas son el grupo mayor (con unas 250 familias vivas), e incluyen todas las flores fósiles y granos de polen mostrados aquí. Las monocotiledóneas (con 50 familias vivas) incluyen palmas, plantas de bulbos, y pastos. Los pastos se extendieron por todo el mundo durante el Período Terciario (hace 65 - 2 millones de años) y ya en la Epoca Mioceno (hace 23 - 5,3 millones de años) los pastizales conformaban uno de los grandes ecosistemas del mundo.

RECONSTITUCIÓN DE UNA FLOR DEL CRETÁCICO TARDÍO (*Silvianthemum suecicum*)

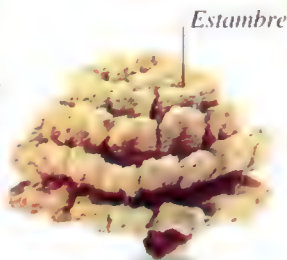


FÓSIL DE UNA FLOR SIN ABRIR
Hace 80 millones de años

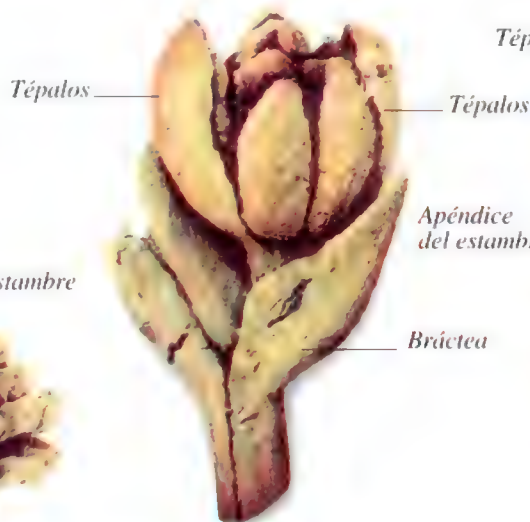
MICROFOTOGRAFÍAS DE UNA FLOR FOSILIZADA DEL CRETÁCICO



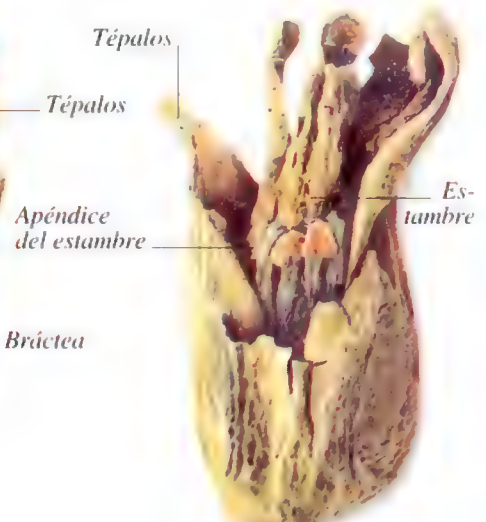
PROTOFAGACEA ALLONENSIS
Familia del Haya
Cretácico Tardío



PARTE DE UNA FLOR NO IDENTIFICADA
Fósil más antiguo de flor. Cretácico Temprano
(hace 120 millones de años)



SPANOMERA MAULDINENSIS
Relacionada a la familia del Boj
Cretácico Medio

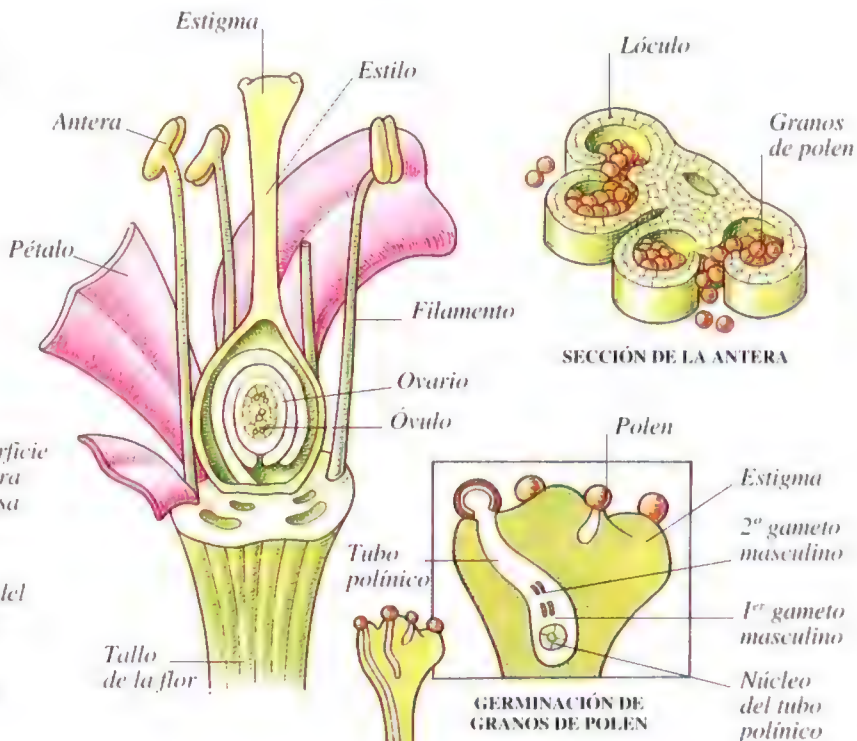


MAULDINIA MIRABILIS
Familia del laurel
Cretácico Tardío

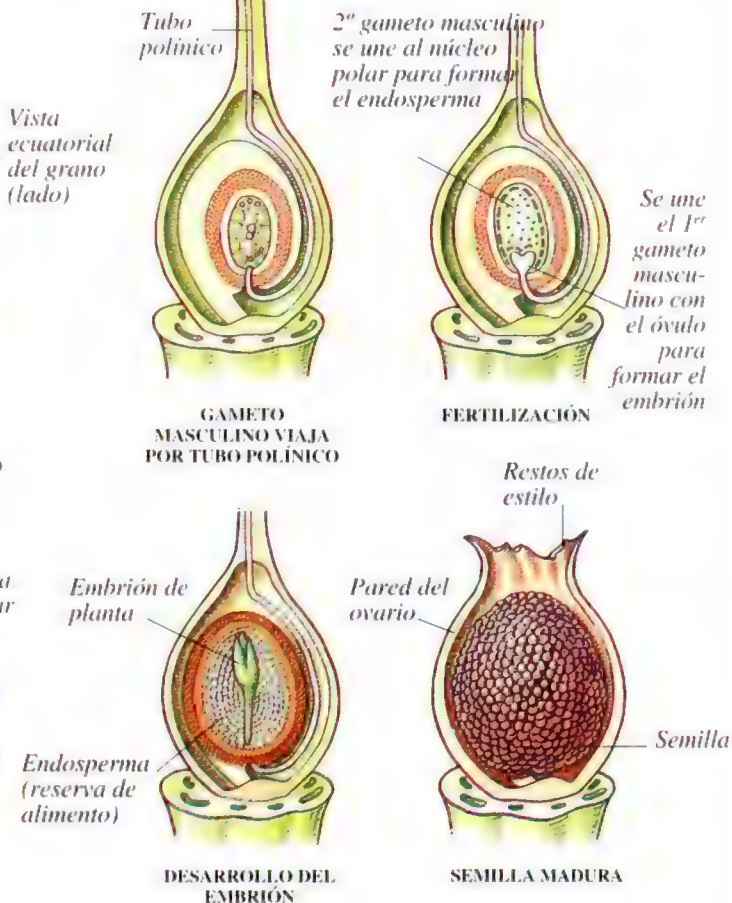
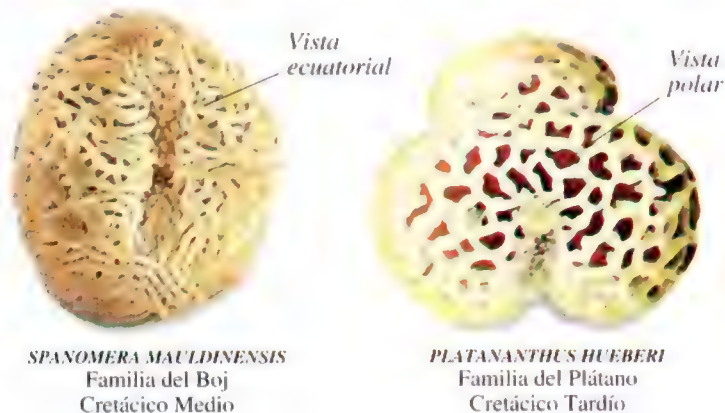
VAINAS DE PASTO FOSILIZADAS MIOCENO TARDÍO



PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE UNA PLANTA CON FLOR



MICROFOTOGRAFÍAS DE GRANOS DE POLEN FOSILIZADOS



Primeros invertebrados

LA GRAN EXPLOSIÓN EVOLUTIVA DEL PERÍODO CÁMBRICO (hace 550 - 505 millones de años) dio origen a una inmensa diversificación de invertebrados — animales sin columna vertebral. Todas especies acuáticas, muchas de ellas con esqueletos externos para soportar y proteger sus cuerpos suaves y vulnerables. Entre éstas estaban las esponjas: animales acuáticos sedentarios, con cuerpos de estructuras simples como una bolsa, formado por múltiples células. Los cnidarios (o celentéreos), por ejemplo los corales y anémonas de mar, eran más

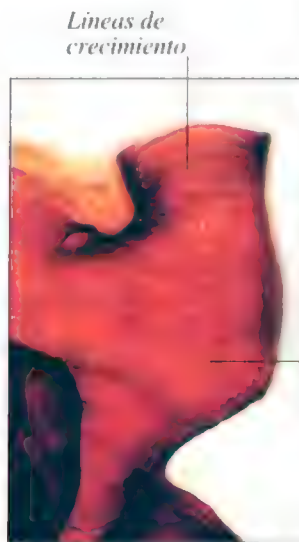
avanzados, poseían tentáculos urticantes para llevar su presa hacia la boca. Los graptolitos era un grupo de organismos coloniales similares a los gusanos, que vivieron desde el período Cámbrico hasta el Carbonífero (hace 550 - 320 millones de años). Los científicos podrían re-clasificar un grupo vivo del mismo tipo (los pterobranquios) como graptolitos, en cuyo caso dejarían ya de considerarse extinguidos. Una

colonia de graptolitos estaba constituida por muchos individuos (zooídes), cada uno de ellos construía una especie de "copa" de protección (teca). Las hileras de "copas" acumuladas formaba un fósil de orillas dentadas. La *hallucigenia*, un extraño tipo de gusano morado, fue uno de los animales descubiertos en el Burgess Shale en Canadá, que data de 530 millones de años. Tenía siete pares de espinas y siete pares de patas. Los poliquetos, tales como la *sérpula* y la *rotularia* son anélidos, es decir, gusanos con el cuerpo formado por muchos segmentos. Los briozoarios son pequeños animales cuyas colonias crecen planas o bien hacia arriba formando ramas como un árbol.

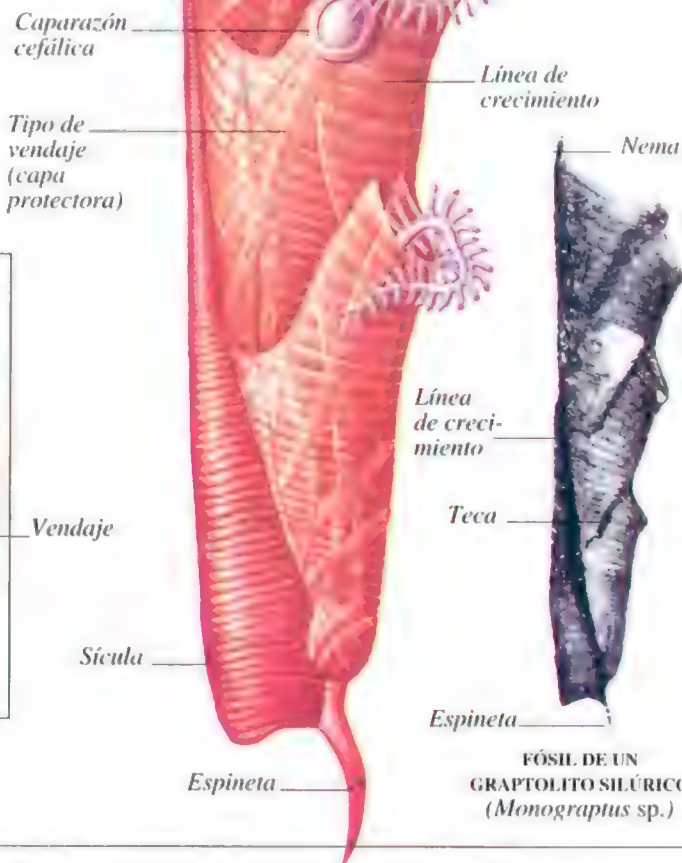
ETAPA INICIAL DE CRECIMIENTO DE UN GRAPTOLITO



GRAPTOLITO DEL ORDOVÍCICO
(*Amplexograptus maxwelli*)



MUESTRA AMPLIADA
DE UNA TECA

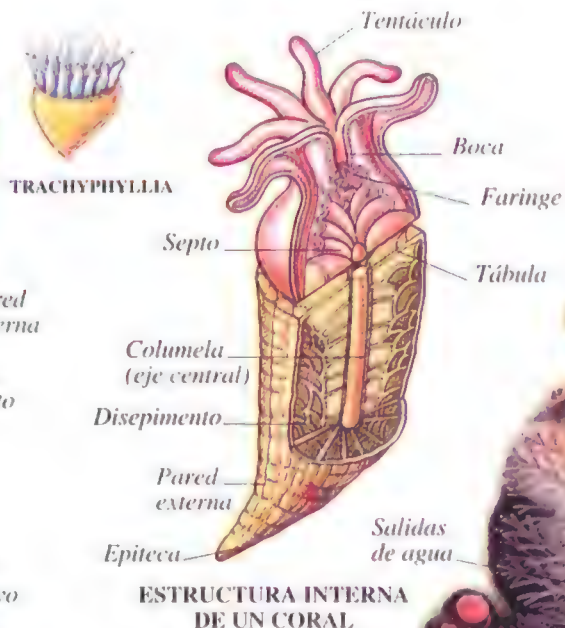


RECONSTRUCCIÓN DE UNA COLONIA DE GRAPTOLITOS

FÓSIL DE UN
GRAPTOLITO SILÚRICO
(*Monograptus* sp.)



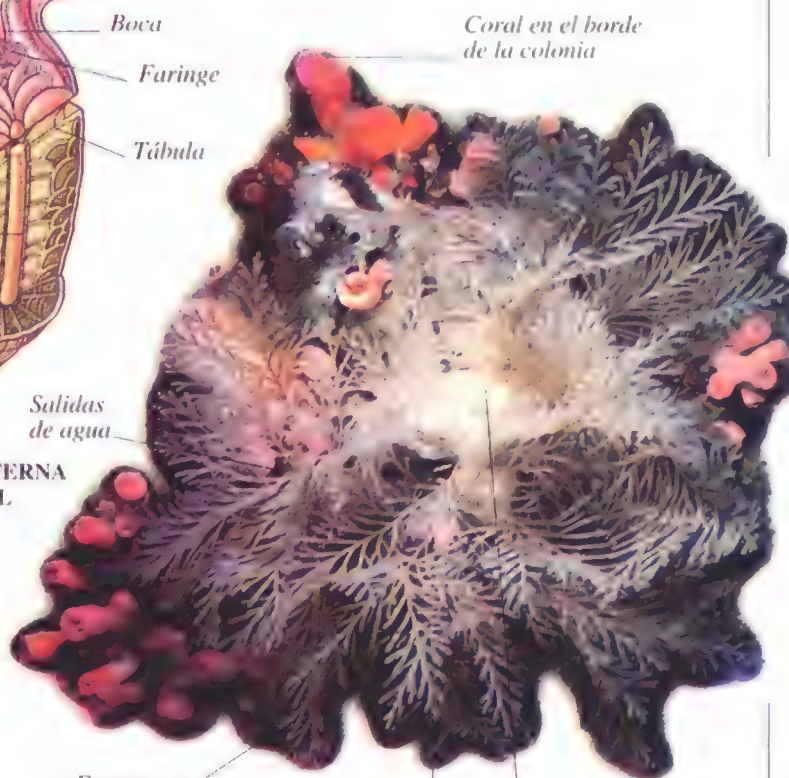
CORAL DEL MIOCENO
(*Trachyphyllia chipolana*)



ESTRUCTURA INTERNA DE UN CORAL



CONJUNTO DE POLIQUETOS FOSILIZADOS. EOCENO
(*Rotularia bogneriensis*)



COLONIA BRIOZOARIA VIVA
(*Canda foliifera*)



SERPULA



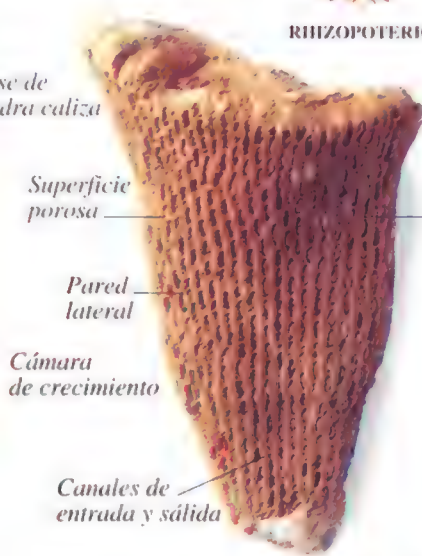
RHIZOPOTERION



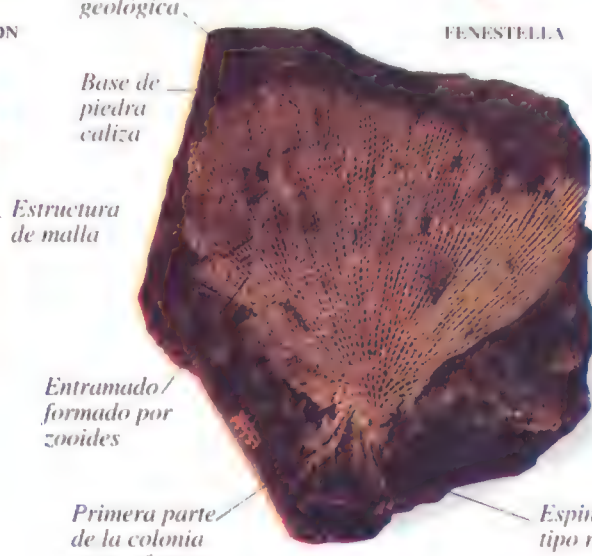
FENESTELLA



MADRIGUERA DE UN POLIQUETO. CARBONÍFERO
(*Serpula indistincta*)



ESPONJA CON FORMA DE VASO. CRETÁCICO
(*Rhizopoterion cribrosum*)



COLONIA DE BRIOZOARIOS CARBONÍFERO
(*Fenestella plebeia*)

Moluscos y braquiópodos

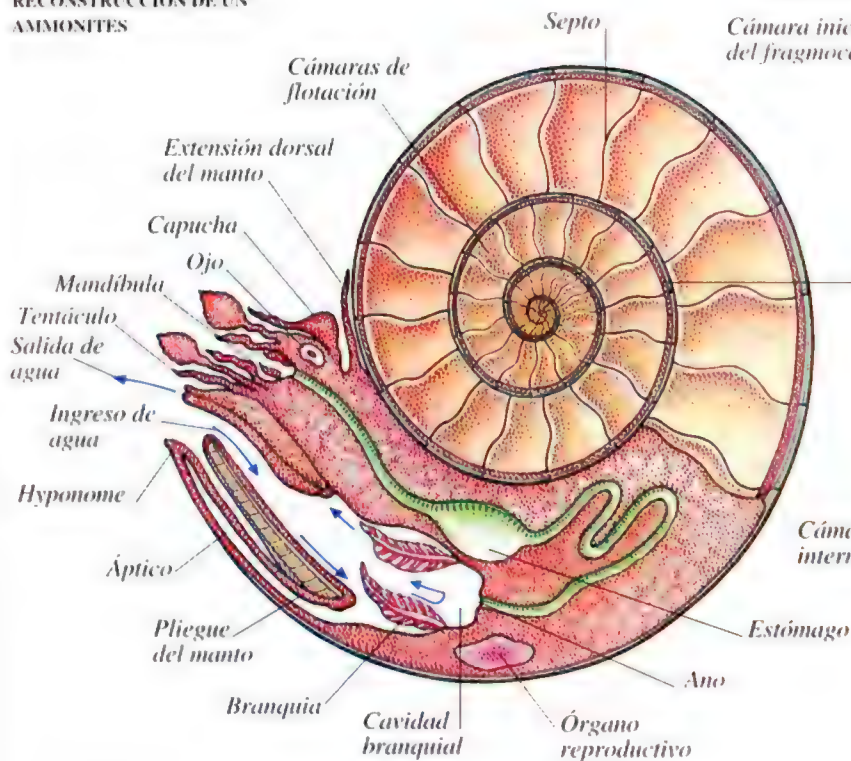


BELEMNITEUTHIS

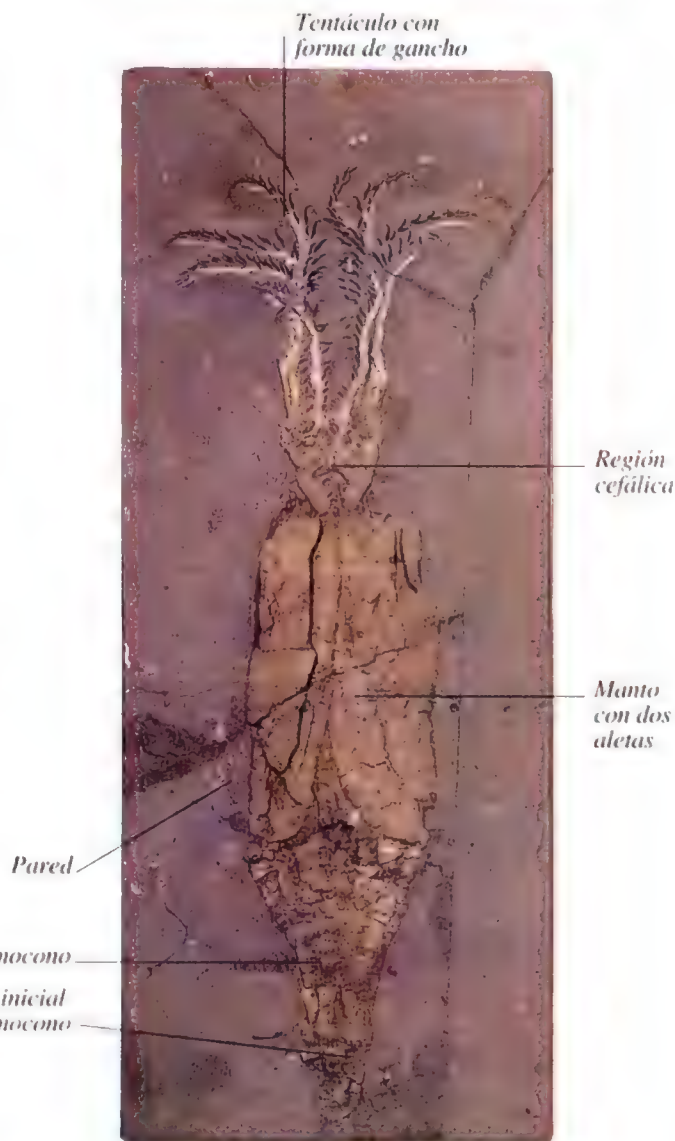
LOS MOLUSCOS Y LOS BRAQUIÓPODOS son dos grupos de invertebrados marinos, muchos de ellos con conchas, que

aparecieron en el período Cámbrico Temprano (hace 550 - 530 millones de años). Los tres grupos más grandes son: los bivalvos, son acéfalos y poseen una concha dividida en dos, unida por una charnela (bisagra); los gasterópodos, tales como los caracoles, con una cabeza prominente y pie para la locomoción tipo ventosa; y los cefalópodos. Los cefalópodos tienen una gran cabeza, tentáculos y un sistema de propulsión que les permite lanzar un chorro de agua hacia adelante impulsándolo hacia atrás. Los cefalópodos prehistóricos incluían los ammonites, los nautiloides, y los belemnites, tipo pulpos, que no tenían conchas externas pero sí tenían un soporte interno, duro llamado fragmocono. Un cuarto grupo de moluscos, los quitones (del género típico chiton), parecidos a unos cochinillos habitaban la orilla del mar con conchas aplanadas formadas por capas superpuestas. Los braquiópodos abundaron durante el Paleozoico, pero sólo algunos sobreviven hoy. Son similares a los moluscos bivalvos, pero sus valvas no son idénticas en tamaño ni curvatura. Los braquiópodos viven en el fondo del mar, donde se anclan con un pedúnculo carnoso. Este pedúnculo pasa a través de un orificio en una proyección conocida como umbo, ubicada en la charnela de la valva mayor.

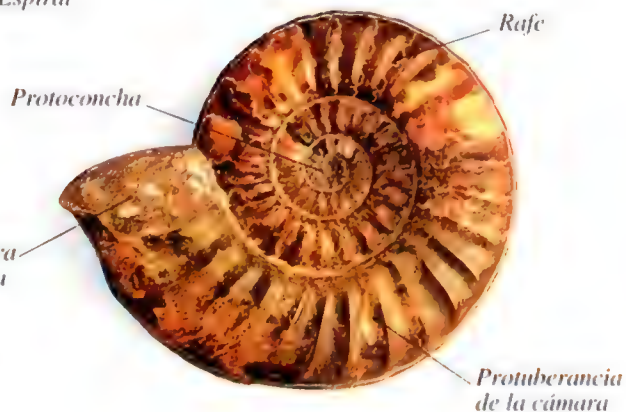
RECONSTRUCCIÓN DE UN AMMONITES



CARACTERÍSTICAS DE LOS CEFALÓPODOS

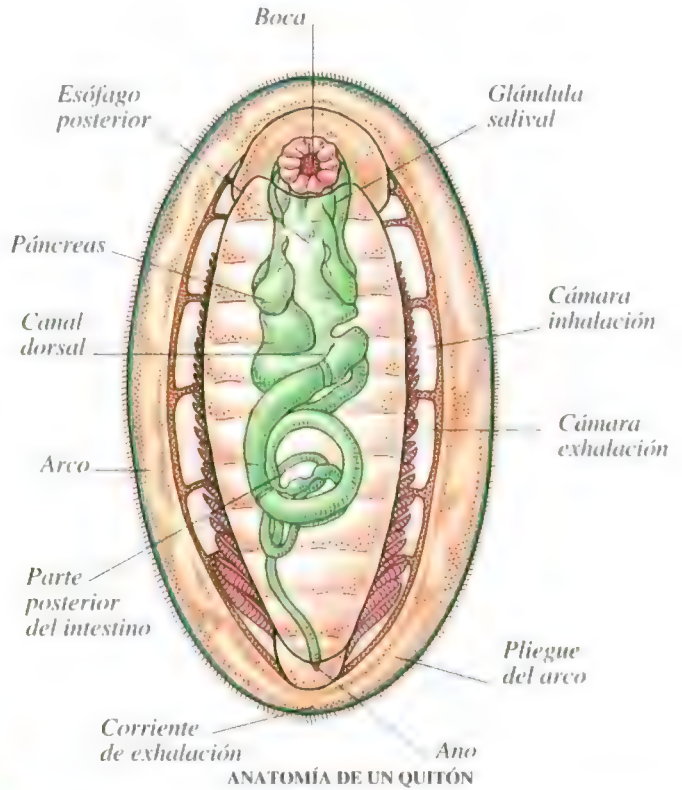


BELEMNITE JURÁSICO
(*Belemniteuthis antiqua*)



CONCHA DE AMMONITES JURÁSICA
(*Asteroceras obtusum*)

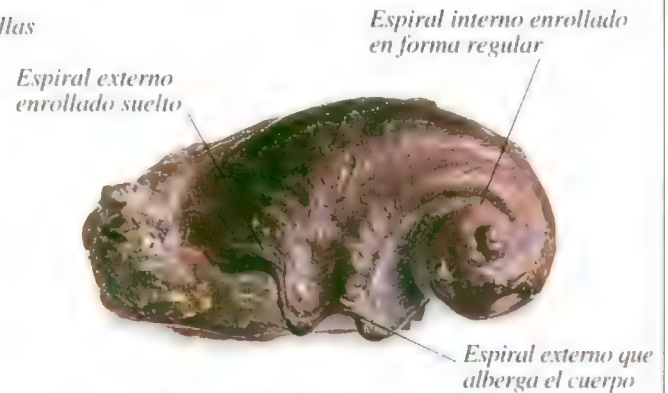
CARACTERÍSTICAS DE LOS QUITONES



CONCHAS DE BIVALVOS Y GASTERÓPODOS

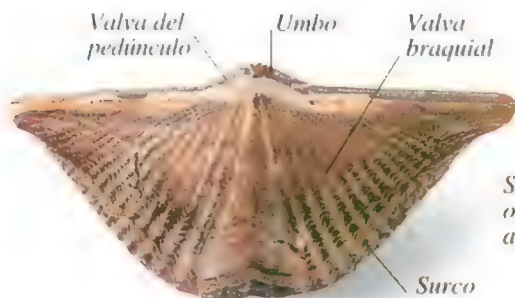


VALVAS DE BIVALVOS DEL MIOCENO (*Pecten beudanti*)

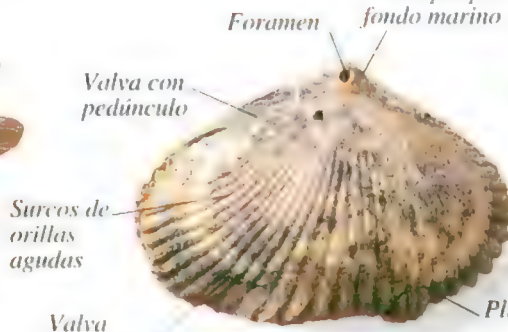


CONCHA DE GASTERÓPODO SILÚRICO (*Platyceras haliotis*)

CONCHAS BRAQUIÓPODAS



CONCHA CON FORMA DE MARIPOSA. DEVÓNICO (*Mucrospirifer mucronata*)

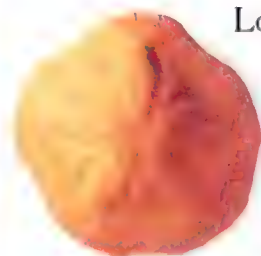


BRAQUIÓPODO DEL CRETÁCICO (*Cyclothyris difformis*)



BRAQUIÓPODO DEL PLEOCENO (*Cancellothyris platys*)

Equinodermos y artrópodos



CLYPEASTER

LOS EQUINODERMOS Y ARTRÓPODOS son dos grupos, muy antiguos y resistentes de invertebrados marinos que desarrollaron esqueletos externos duros como una forma de protegerse de sus predadores. Ambos aparecieron durante el Precámbrico (hace 550 millones de años). Los equinodermos tienen una estructura que consiste en cinco partes que parten de una boca central.

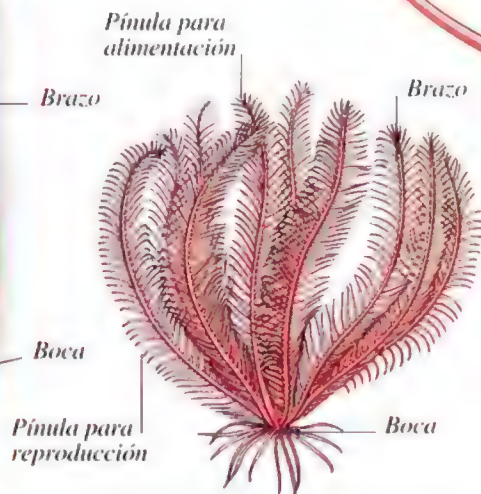
Algunos de ellos, como por ejemplo los erizos y las estrellas de mar, se desplazan mediante pies como peque-

ños tubos terminados en ventosas. Los crinoídeos, incluyen una estrella tipo pluma, que flota libremente, como asimismo los lirios de mar, estos últimos estacionarios, con brazos que salen a partir de un pedúnculo fijo. Los brazos son como plumas, con pínulas (pequeñas ramificaciones). Algunas de éstas tienen órganos para la reproducción, y todos poseen cilios (como pelos, usados para alimentarse). Los carpoídeos eran equinodermos primitivos que se extinguieron durante el Devónico, hace 400 millones de años. Los artrópodos son invertebrados cuyas patas tienen un tipo de articulación similar a la rodilla. Los primeros artrópodos incluyen a los trilobites, así llamados por su estructura dividida en tres segmentos, derecho, medio e izquierdo. También dentro del grupo de los artrópodos se encuentran los crustáceos, que incluyen los langostinos y las jaibas, los quelicerados, (escorpiones marinos, escorpiones, arañas), e insectos. Estos últimos constituyen por lo menos las tres cuartas partes de las especies animales.

ESTRUCTURA DE UNA PTEROCOMA PENNATA



PTEROCOMA PENNATA JURÁSICA

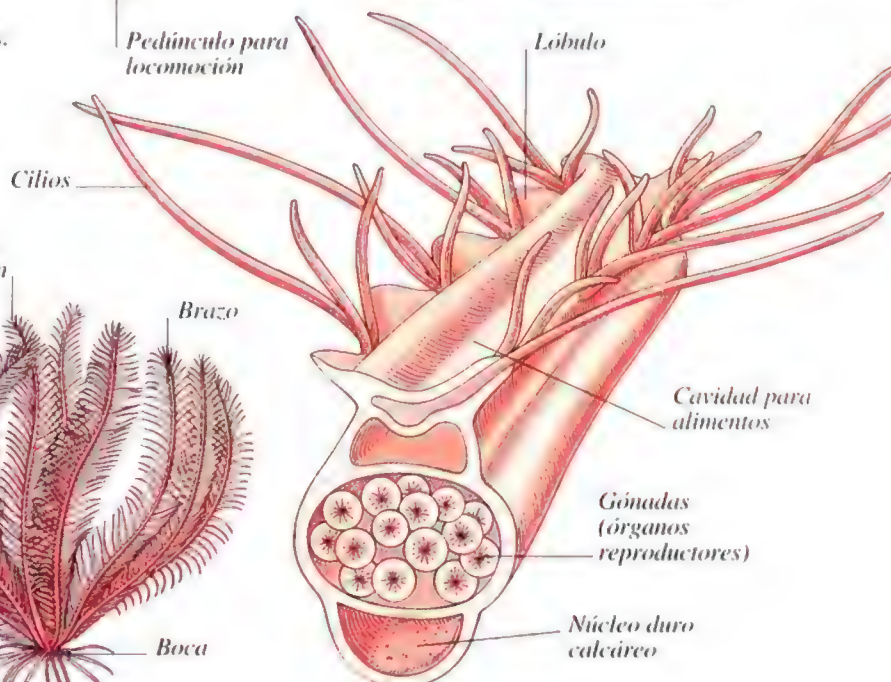


ANATOMÍA DE UNA PTEROCOMA PENNATA

MAQUETA DE UN COTHURNOCYSTIS ELIZIAE, ORDOVÍCICO

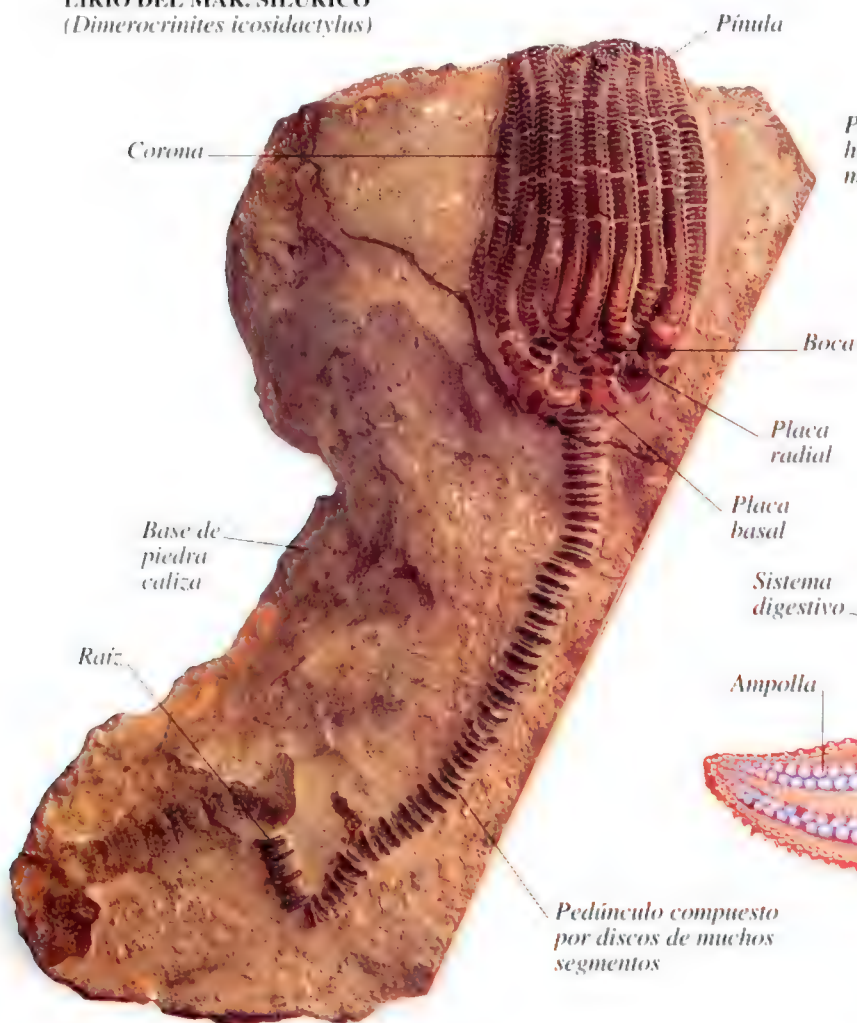


ERIZO DE MAR, MIOCENO
(*Colcopterus paucituberculatus*)

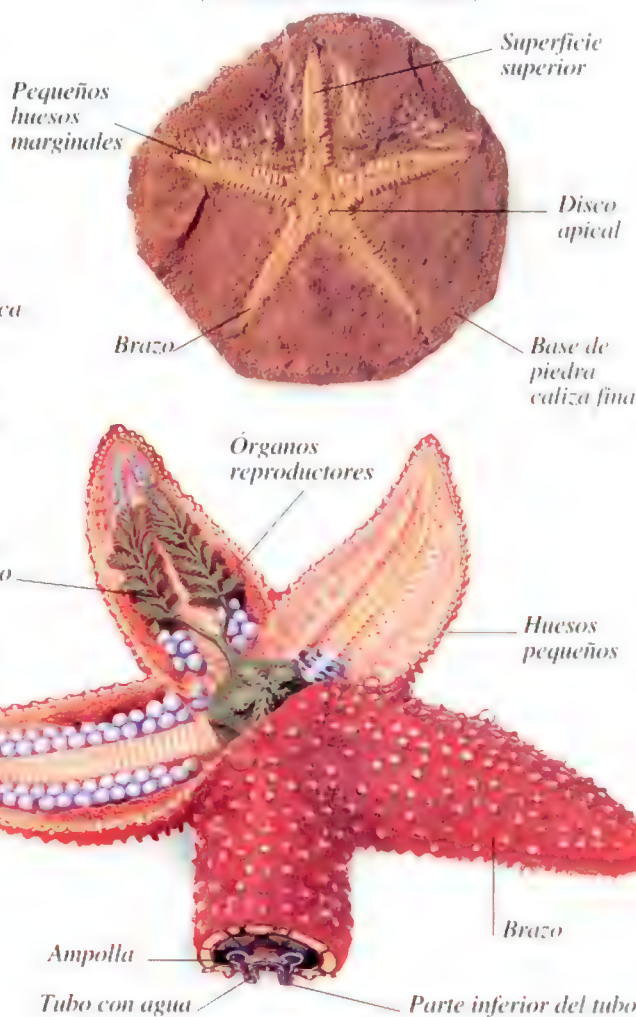


PÍNULA PARA REPRODUCCIÓN DE UNA PTEROCOMA PENNATA

LIRIO DEL MAR. SILÚRICO
(*Dimerocrinites icosidactylus*)

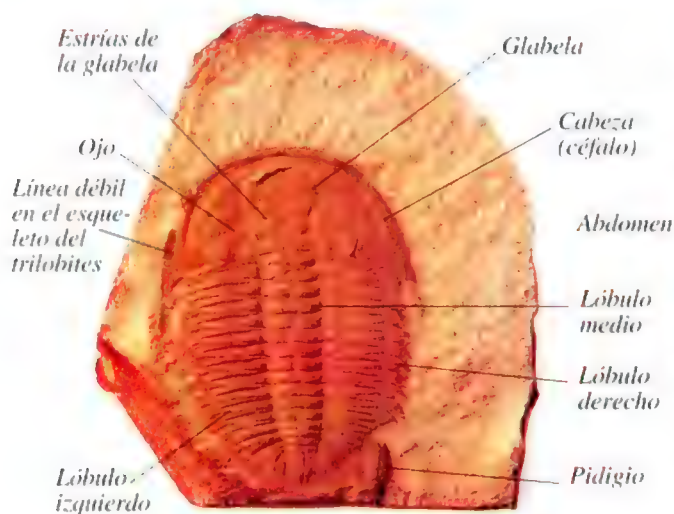


ESTRELLA DE MAR. JURÁSICO
(*Pentasteria cotteswoldiae*)



ANATOMIA DE UNA ESTRELLA DE MAR

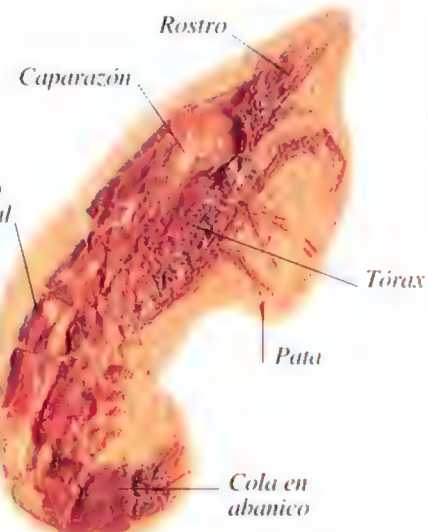
EJEMPLOS DE ARTRÓPODOS FÓSILES



TRILOBITES. CÁMBRICO MEDIO
(*Xystridura saint-smithii*)



COLEÓPTERO ACUÁTICO
PLEISTOCENO
(*Hydrophilus* sp.)



CAMARÓN. CRETÁCICO TARDÍO
(*Carpopenaeus callirostris*)

Peces primitivos



LANCELET

LOS PECES FUERON LOS PRIMEROS VERTEBRADOS. Evolucionaron durante el período Ordovícico (hace 505 - 438 millones de años) de pequeños animales marinos llamados cefalocordados. Estas criaturas aún hoy existen e incluyen el Anfioxo. Los primeros peces conocidos eran extremadamente pequeños, carecían de mandíbulas, tenían un cerebro complejo protegido por un cráneo. Sus cuerpos se sustentaban internamente mediante una espina dorsal formada por vértebras óseas. Estos peces desprovistos de mandíbulas se

extinguieron durante el Carbonífero temprano, hace casi 340 millones de años, a excepción de algunas especies que dieron origen a las modernas lampreas y pez diablo. Las lampreas son parásitos que utilizando su boca se adhieren a otros peces y succionan su sangre. El grupo más grande dentro de los peces que carecían de maxilares fueron los aspidocéfalos, éstos fueron los primeros en tener aletas pectorales pares, lo que les permitía mantener el equilibrio. Un segundo tipo de peces primitivos, los placodermos, surgió durante el período Devónico. Fueron éstos los primeros peces en desarrollar mandíbulas (aunque muchos no poseían verdaderos dientes). Los placodermos tenían macizas placas óseas que les protegían la cabeza y la parte delantera del tronco. Su tamaño variaba entre 40 cms. de largo (*Bothriolepis*) y 15 cms., (*Pterichthyodes*), hasta el enorme *Dunkleosteus*. Este monstruo de 9 metros tenía unas placas óseas serradas y fue el mayor predador de los mares en el Devónico Tardío.

EVOLUCIÓN DE LOS ESCUDOS CEFÁLICOS



TREMATASPIS



DIDYMASPIS



KIAERASPIS

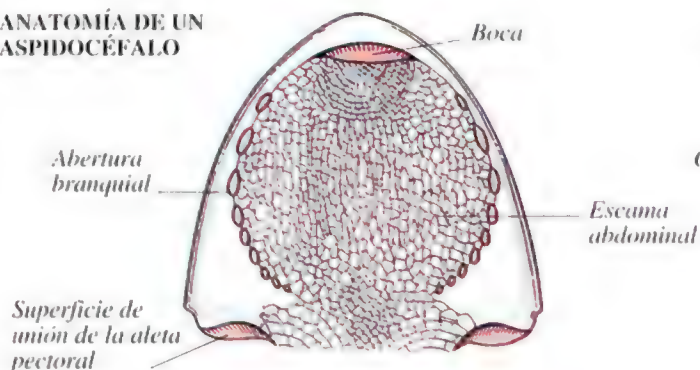


THYESTES

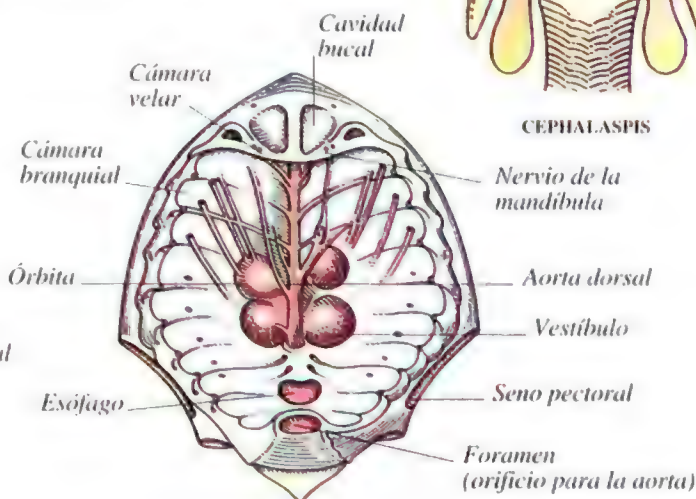


CEPHALASPIS

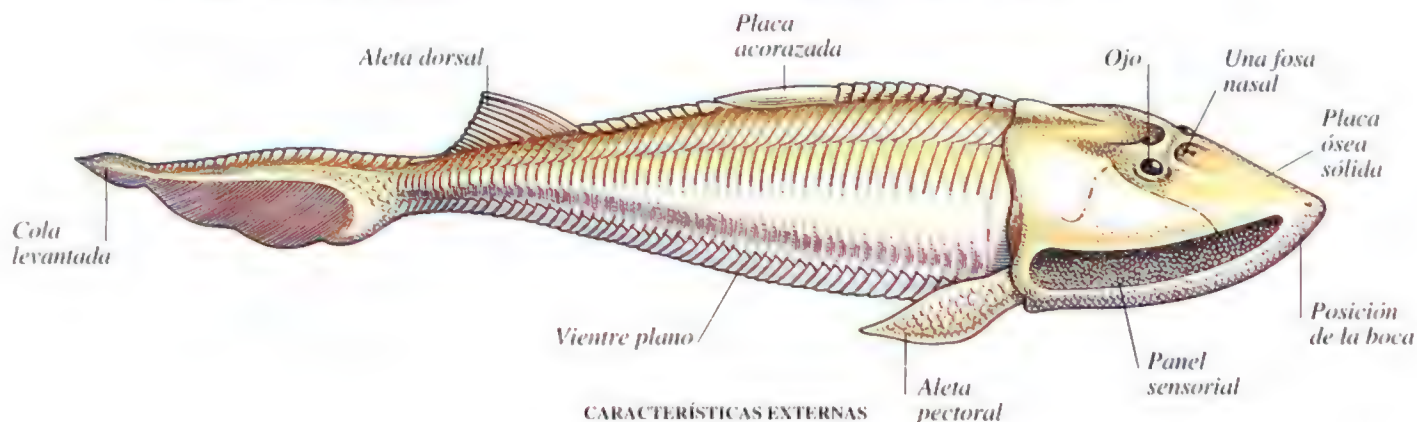
ANATOMÍA DE UN ASPIDOCÉFALO



PARTE INFERIOR DE LA CABEZA



ESTRUCTURA INTERNA DE LA CABEZA

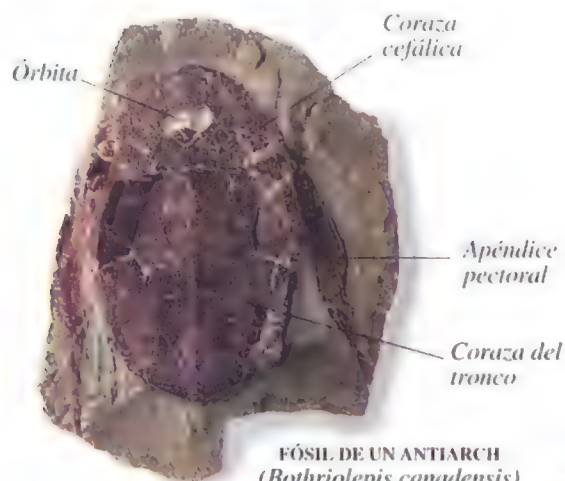


CARACTERÍSTICAS EXTERNAS

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE UN LAMPREA VIVO



PECES ACORAZADOS DEVÓNICOS



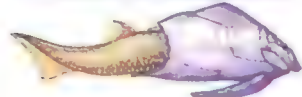
FÓSIL DE UN ANTIARCH
(*Bothriolepis canadensis*)



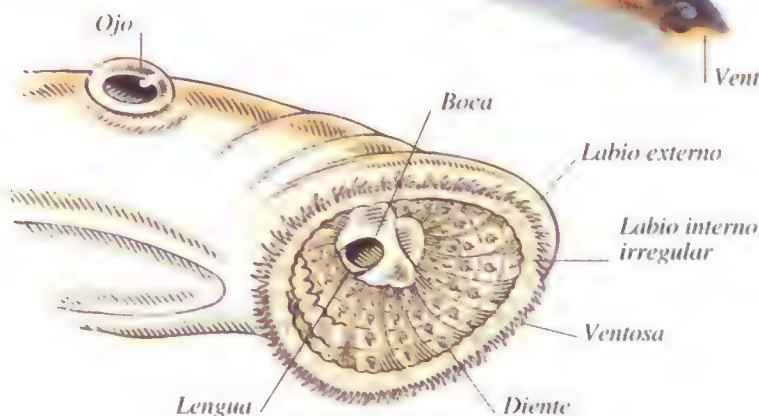
BOTHRIOLEPIS



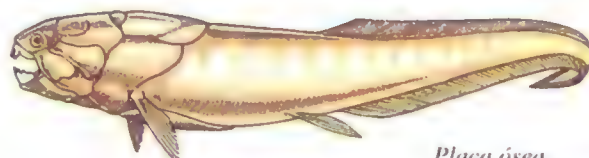
FÓSIL DE UN
PTERICHTHYODES MILLERI



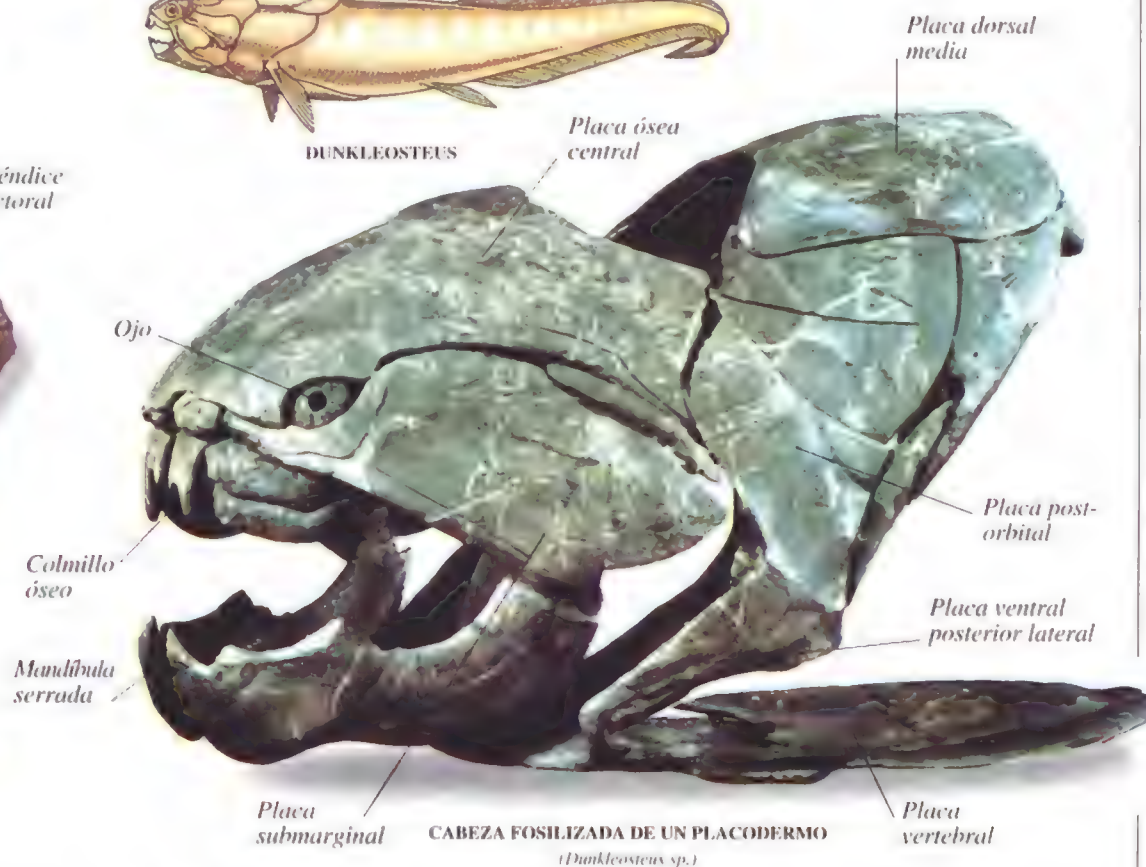
PTERICHTHYODES



CABEZA DE UN LAMPREA



DUNKLEOSTEUS

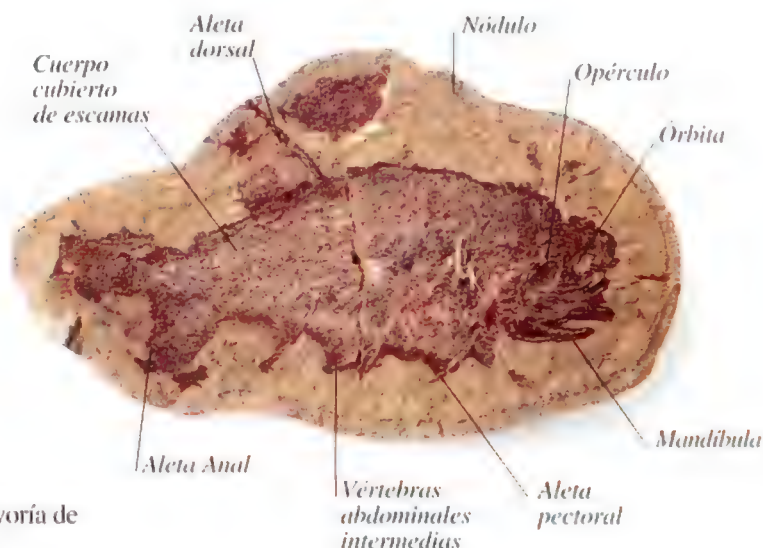


CABEZA FOSILIZADA DE UN PLACODERMO
(*Dunkleosteus sp.*)

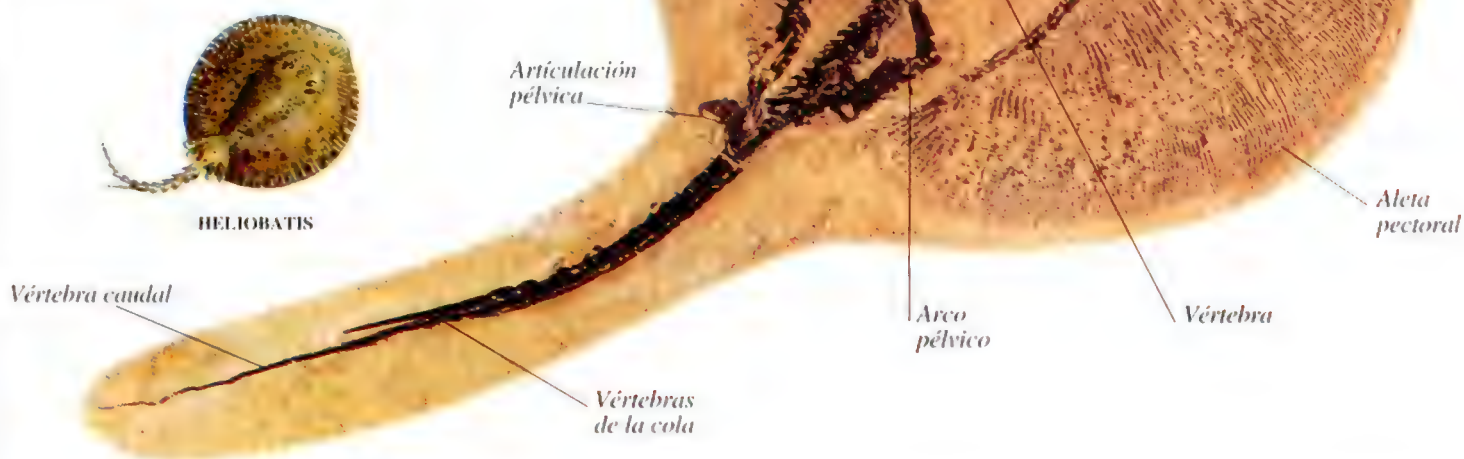
El surgimiento de los peces modernos

A EXCEPCIÓN DE LOS PECES diablo y las lampreas, todos los peces vivos se dividen en dos clases: Condriktios (peces cartilaginosos) y Osteiktios (peces óseos). Ambas clases evolucionaron a partir de un solo antepasado en el período Silúrico Tardío, hace unos 410 millones de años. Ellos se diferencian de los peces primitivos (ver págs. 144 - 145) por la estructura de su maxilar, y por tener producción de dientes continua. Los Condriktios (tiburones, rayas y otros de su tipo) se caracterizan por su esqueleto cartilaginoso, escamas pequeñas y serradas y carencia de vejigas natatorias. Un ejemplo de éstos es el *Heliobatis*, del Eoceno Temprano. Los Osteiktios, que comprende la mayoría de los peces vivos, tienen esqueletos osificados, escamas superpuestas pequeñas, y vejiga natatoria llena de gas, para controlar la flotación. Se dividen en dos sub-clases: aletas carnosas y aletas radiales. Aquellos de aletas carnosas (también llamadas lóbulos) tienen lóbulos musculares que sostienen las aletas pélvicas y pectorales, y en algunos peces, incluyendo el *Panderichthys* y el *Eusthenopteron* del Devónico Tardío, se cree que empleaban éstas para abrirse camino en las aguas de poca profundidad. Los peces de aletas radiales, tales como el *Hoplopteryx* del Cretácico Tardío tienen aletas endurecidas por radios óseos. Los acantoideos o tiburones espinudos vivieron durante el Paleozoico y pueden tener alguna relación con los peces de esqueleto óseo. Sus aletas estaban protegidas por filudas espinas. Ejemplo de éstos es el *Cheiracanthus*, del Devónico.

TIBURÓN ESPINOSO DEVÓNICO
(*Cheiracanthus* sp.); largo: 30 cm.



RAYA, EOCENO TEMPRANO
Pez cartilaginoso (*Heliobatis radians*)
Largo: 30 cm.

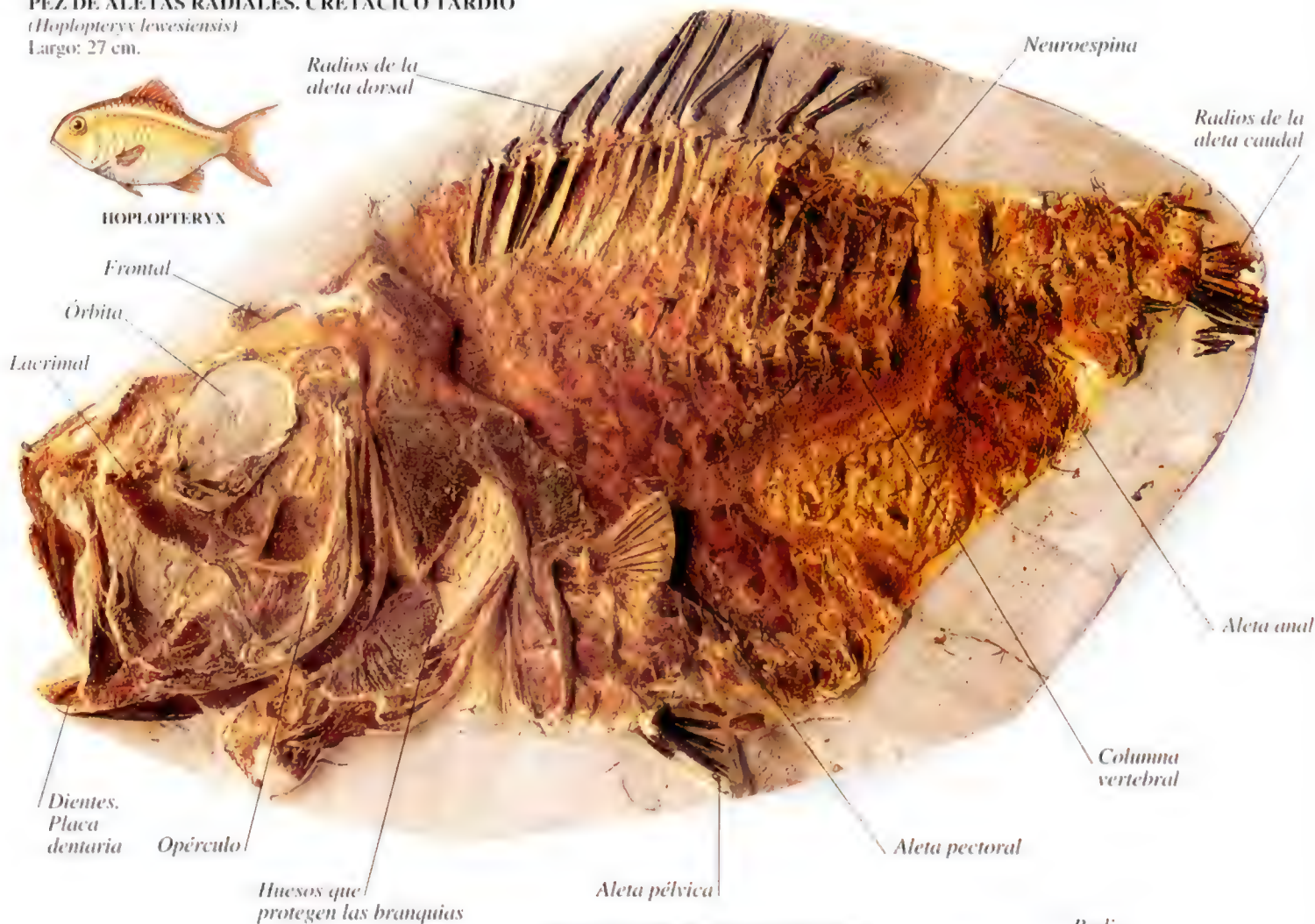


HELIOBATIS

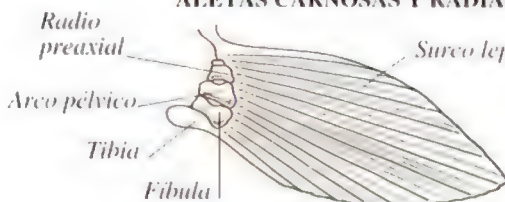
PEZ DE ALETAS RADIALES. CRETÁCICO TARDÍO

(*Hoplopteryx lewesiensis*)

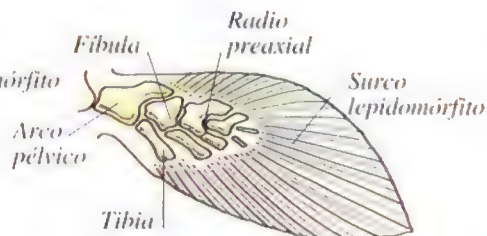
Largo: 27 cm.



ALETAS CARNOSAS Y RADIALES



ALETA RADIAL



ALETA CARNOSA

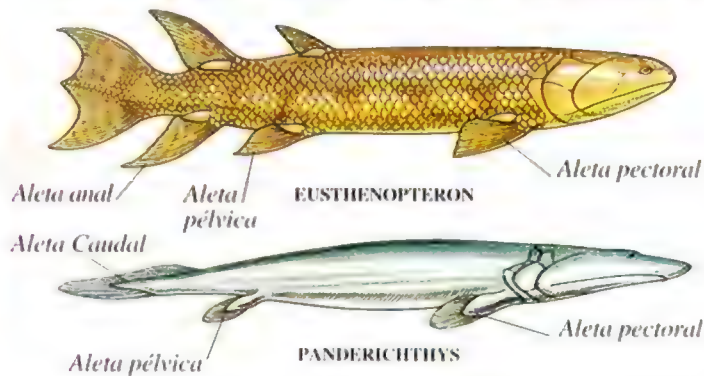
UNDINA PENICILLATA DEL JURÁSICO TARDÍO

Pez de aletas carnosas

Largo: 45 cm.



MUESTRA DE PECES DE ALETAS CARNOSAS. DEVÓNICO



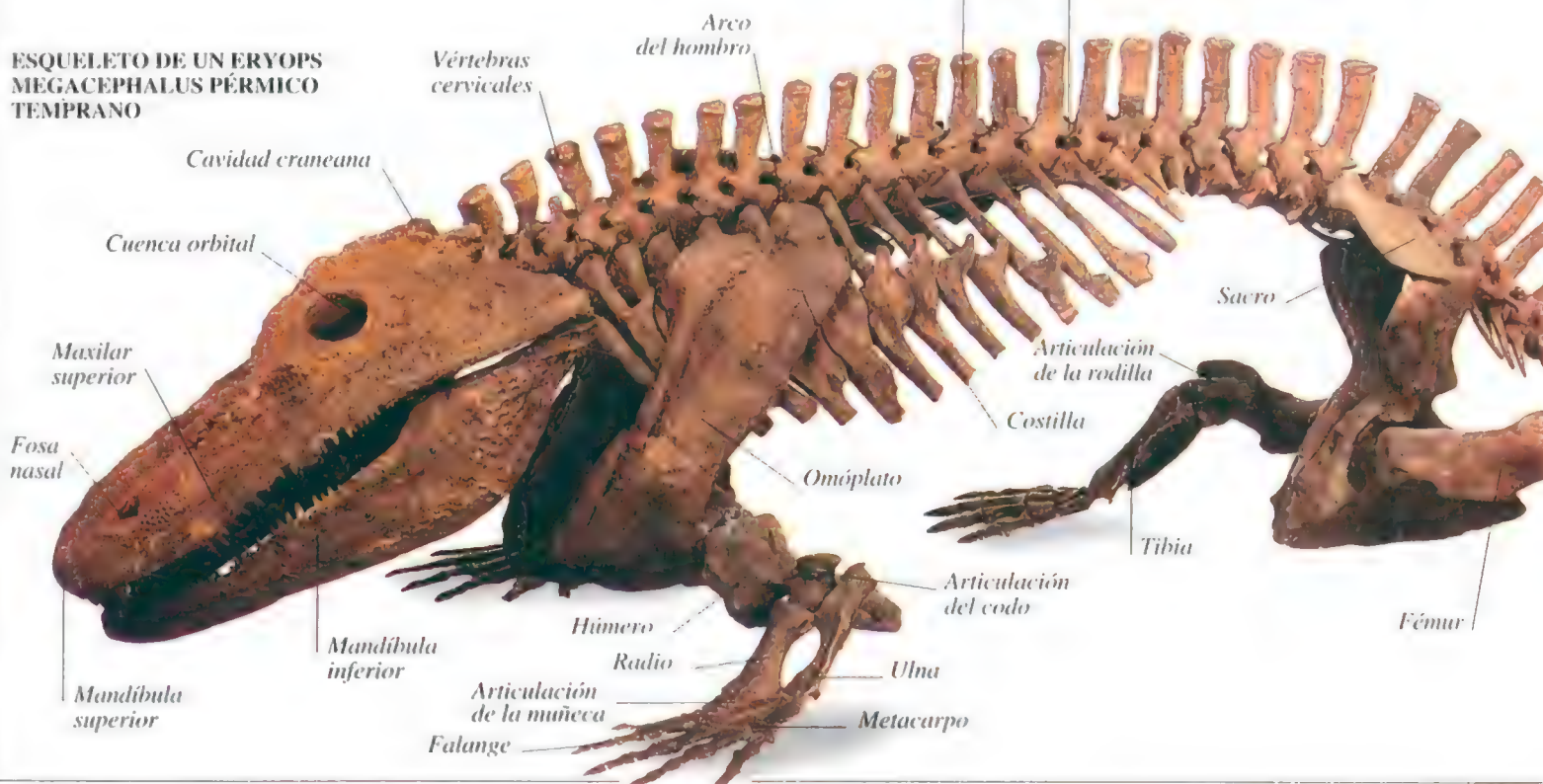
El surgimiento de los anfibios

HACE CASI 380 MILLONES DE AÑOS, durante el Período Devónico, aparecieron los animales vertebrados, llamados tetrápodos, que poseían patas y dedos, y que evolucionaron a partir de los peces de aletas carnosas o lobuladas. A partir de ellas se desarrollaron sus extremidades. Los primeros tetrápodos, como el *Acanthosega*, tenían patas adaptadas para patear en aguas poco profundas. Se cree que otros animales de este tipo también se lograban movilizar hasta las orillas. Al igual que sus antecesores de aletas carnosas, el *Acanthosega* estaba provisto de una aleta caudal y branquias internas que le permitían respirar. La disposición de sus huesos craneanos se asemeja a la de los peces de aletas carnosas. Los primeros tetrápodos tenían seis o más dedos en cada pata. Hace unos 330 millones de años ya los descendientes de los primeros tetrápodos se habían dividido en anfibios y amiontas (ver págs. 154-155); como asimismo en otras formas ya extinguidas, que no corresponden a ninguna de estas categorías. El *Diplocaulus*, por ejemplo, era un extraño tetrápodo que habitó en ríos y lagos, adaptado para una vida acuática. Se cree que las amplias extensiones de su cráneo las usaba para dirigir sus movimientos en el agua. Los primeros anfibios, de gran tamaño, llamados temnospóndilos, eran principalmente acuáticos, aunque se cree que el *Eryops*, del Período Pérmico, haya cazado su presa en tierra. Los temnospóndilos vivieron durante el Período Pérmico (hace 286 - 248 millones de años) hasta mediados del Cretácico (hace casi 100 millones de años), período en el cual se extinguieron. Sus parientes, los anuros —sapos, ranas, largartijas acuáticas y otros— viven en la actualidad.

CRÁNEO Y COLUMNA DE UN TETRÁPODO DEL PÉRMICO TEMPRANO (*Diplocaulus magnicornis*)



ESQUELETO DE UN ERYOPS
MEGACEPHALUS PÉRMICO
TEMPRANO

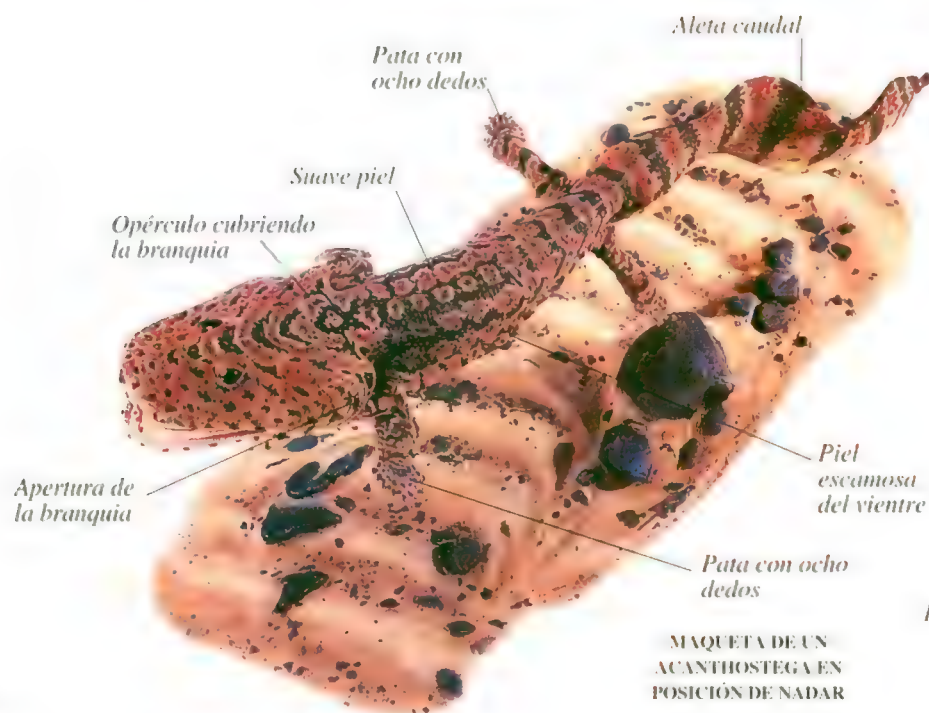


TETRÁPODO DEL DEVÓNICO

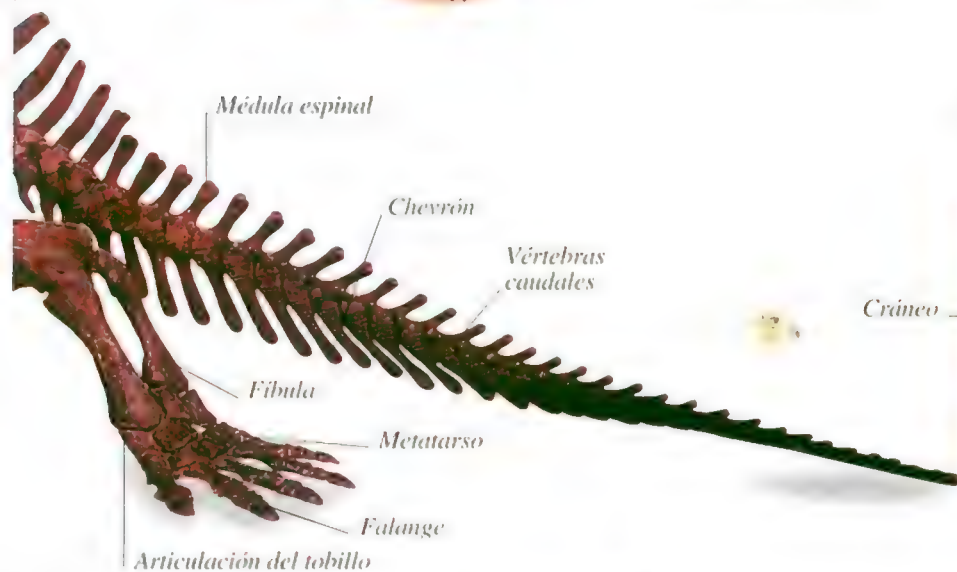
(Acanthostega gunnari)



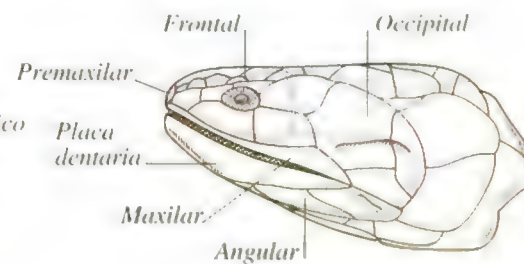
CRÁNEO FOSILIZADO



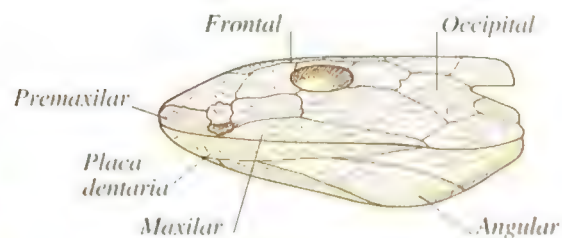
MAQUETA DE UN ACANTHOSTEGA EN POSICIÓN DE NADAR



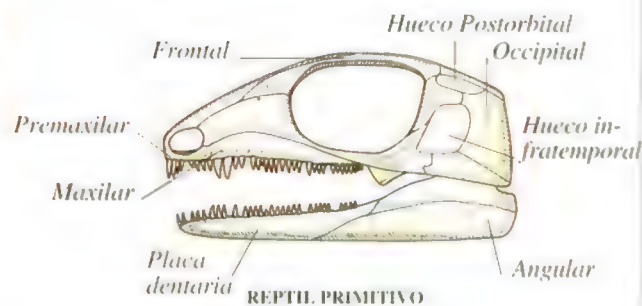
EVOLUCIÓN DE CRÁNEOS DE VERTEBRADOS



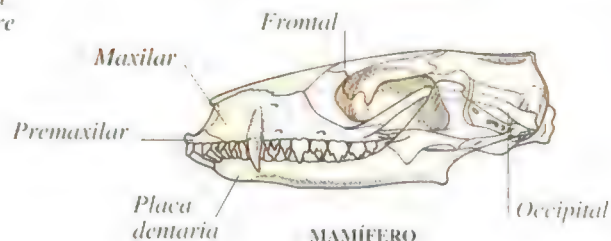
PEZ DE ALETAS LOBULADAS



TETRÁPODO PRIMITIVO



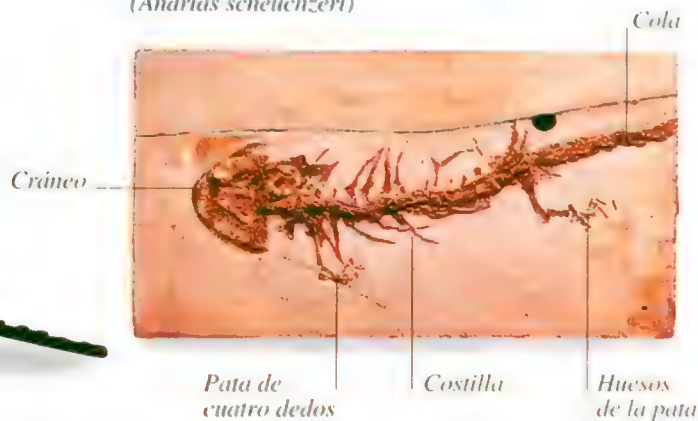
REPTIL PRIMITIVO



MAMÍFERO

FÓSIL DE UN ANURO DEL MIOCENO

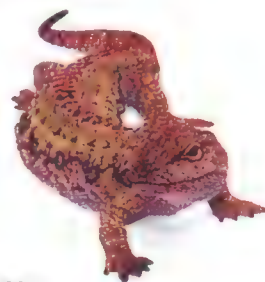
(Andrias scheuchzeri)



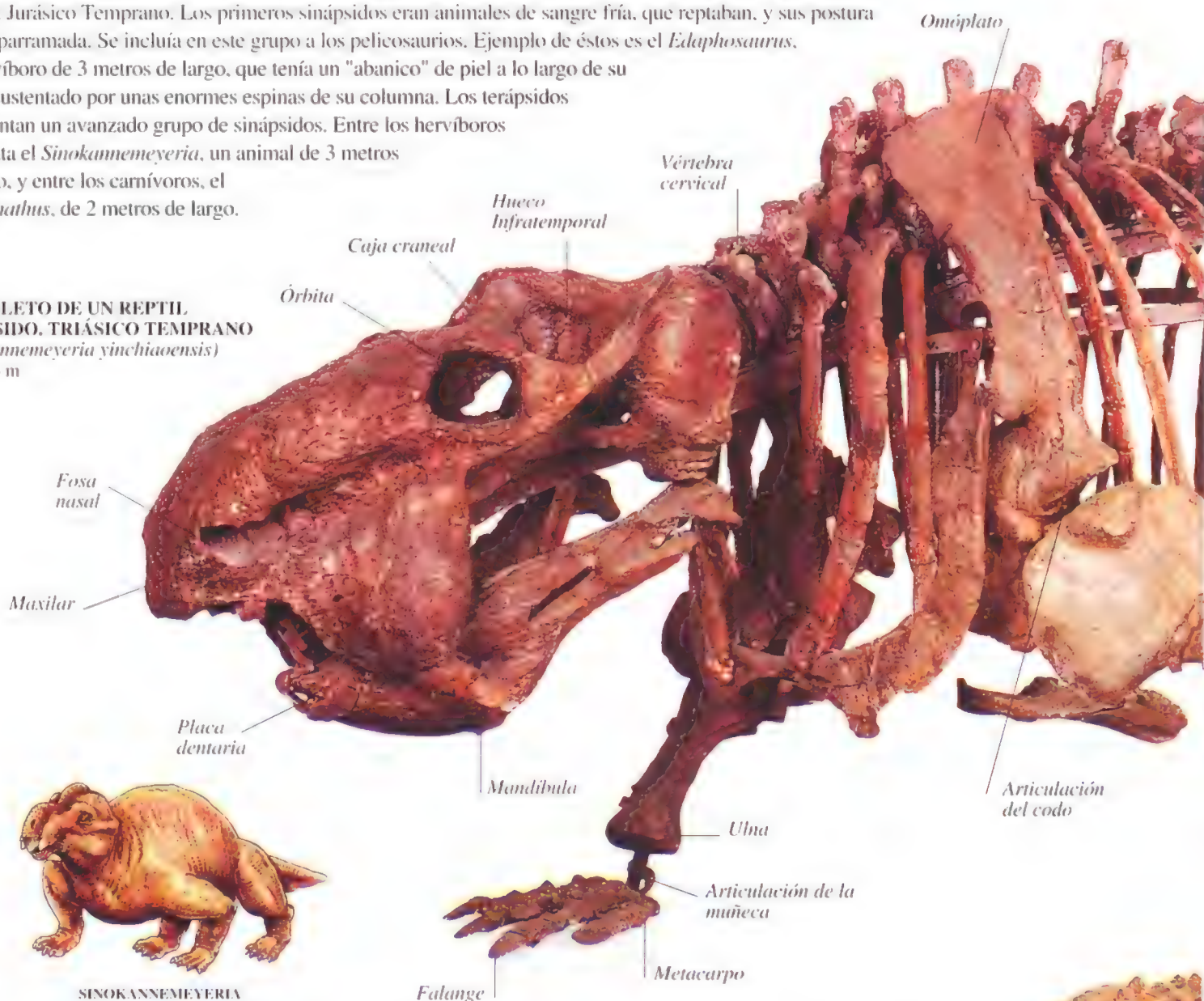
Reptiles primitivos y sinápsidos

LOS REPTILES FUERON LOS PRIMEROS AMIONTAS. Este grupo (reptiles, pájaros y mamíferos) está formado por animales vertebrados que producen huevos herméticamente sellados conteniendo en su interior el líquido amniótico que protege la cría. Los reptiles se dividen en tres grupos, conforme a los huecos que tengan a ambos lados de su cráneo, detrás de sus ojos. Los reptiles primitivos carecían de éstos, los sinápsidos tienen uno, y los diápsidos, dos (ver págs. 156-157). En un comienzo, los reptiles primitivos eran de tamaño pequeño, parecidos a las lagartijas y se alimentaban de insectos. Se cree que el *Westlothiana lizziae*, un animal del Carbonífero Temprano, sea el primer reptil primitivo conocido. Estos reptiles se extinguieron durante el Triásico Tardío. Los sinápsidos, reptiles semejantes a los mamíferos, vivieron desde el Carbonífero Tardío hasta el Jurásico Temprano. Los primeros sinápsidos eran animales de sangre fría, que reptaban, y sus postura era desparramada. Se incluía en este grupo a los pelicosaurios. Ejemplo de éstos es el *Edaphosaurus*, un herbívoro de 3 metros de largo, que tenía un "abanico" de piel a lo largo de su lomo, sustentado por unas enormes espinas de su columna. Los terápsidos representan un avanzado grupo de sinápsidos. Entre los herbívoros se cuenta el *Sinokannemeyeria*, un animal de 3 metros de largo, y entre los carnívoros, el *Cynognathus*, de 2 metros de largo.

TETRÁPODO DEL CARBONÍFERO TEMPRANO
(*Westlothiana lizziae*)
Largo: 30 cm



ESQUELETO DE UN REPTIL SINÁPSIDO, TRIÁSICO TEMPRANO
(*Sinokannemeyeria yinchiaoensis*)
Largo: 3 m

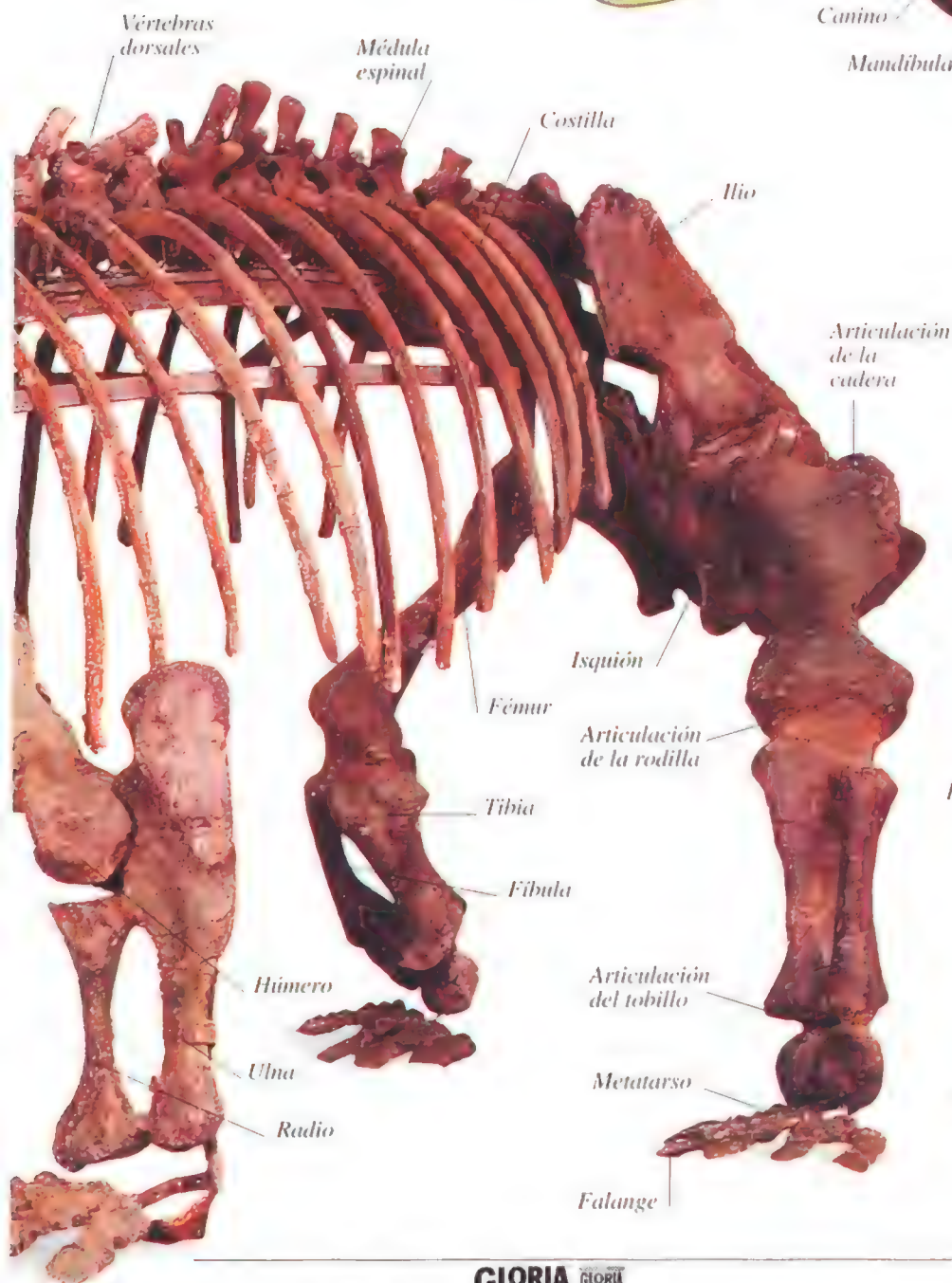


SINOKANNEMEYERIA

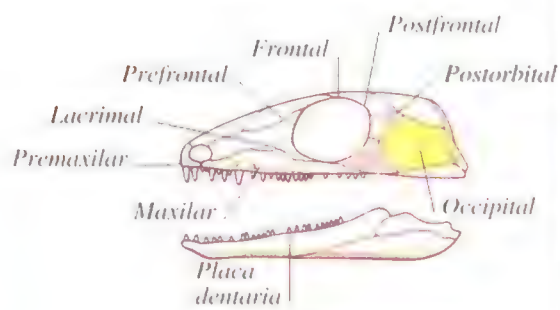
COLUMNA VERTEBRAL DE UN PELICOSAURIO DEL CARBÓNIFERO TARDÍO
(*Edaphosaurus* sp.)
Largo: 3 m



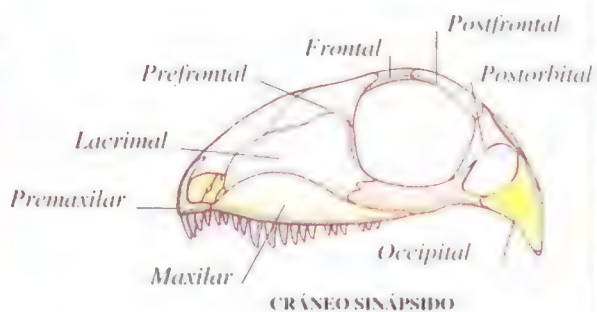
CRÁNEO DE UN TERÁPSIDO, TRIÁSICO TEMPRANO
(*Cynognathus crateronotus*)
Largo: 2 m



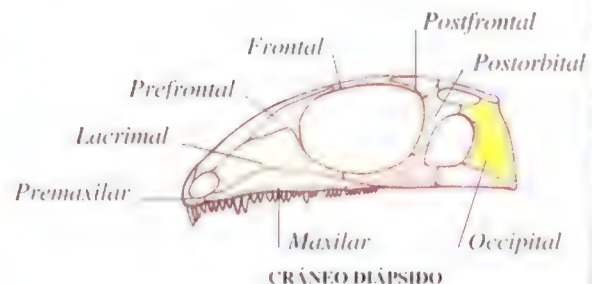
CRÁNEOS DE TIPO REPTIL



CRÁNEOS Y MANDÍBULAS DE REPTILES PRIMITIVOS



CRÁNEO SINÁPSIDO



CRÁNEO DIÁPSIDO

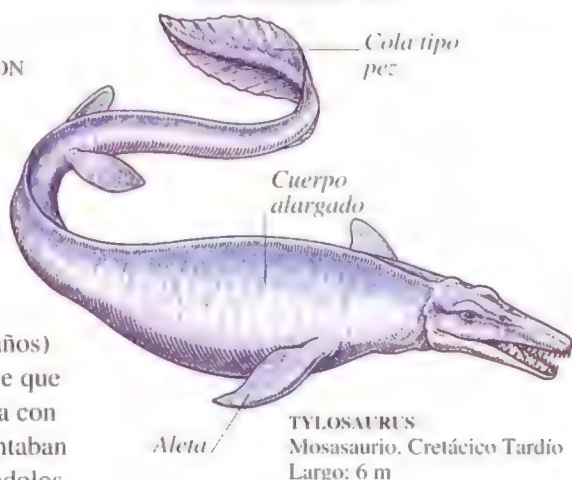
Reptiles marinos

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE REPTILES MARINOS DEL MESOZOICO

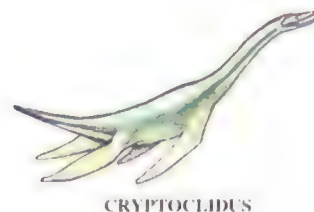
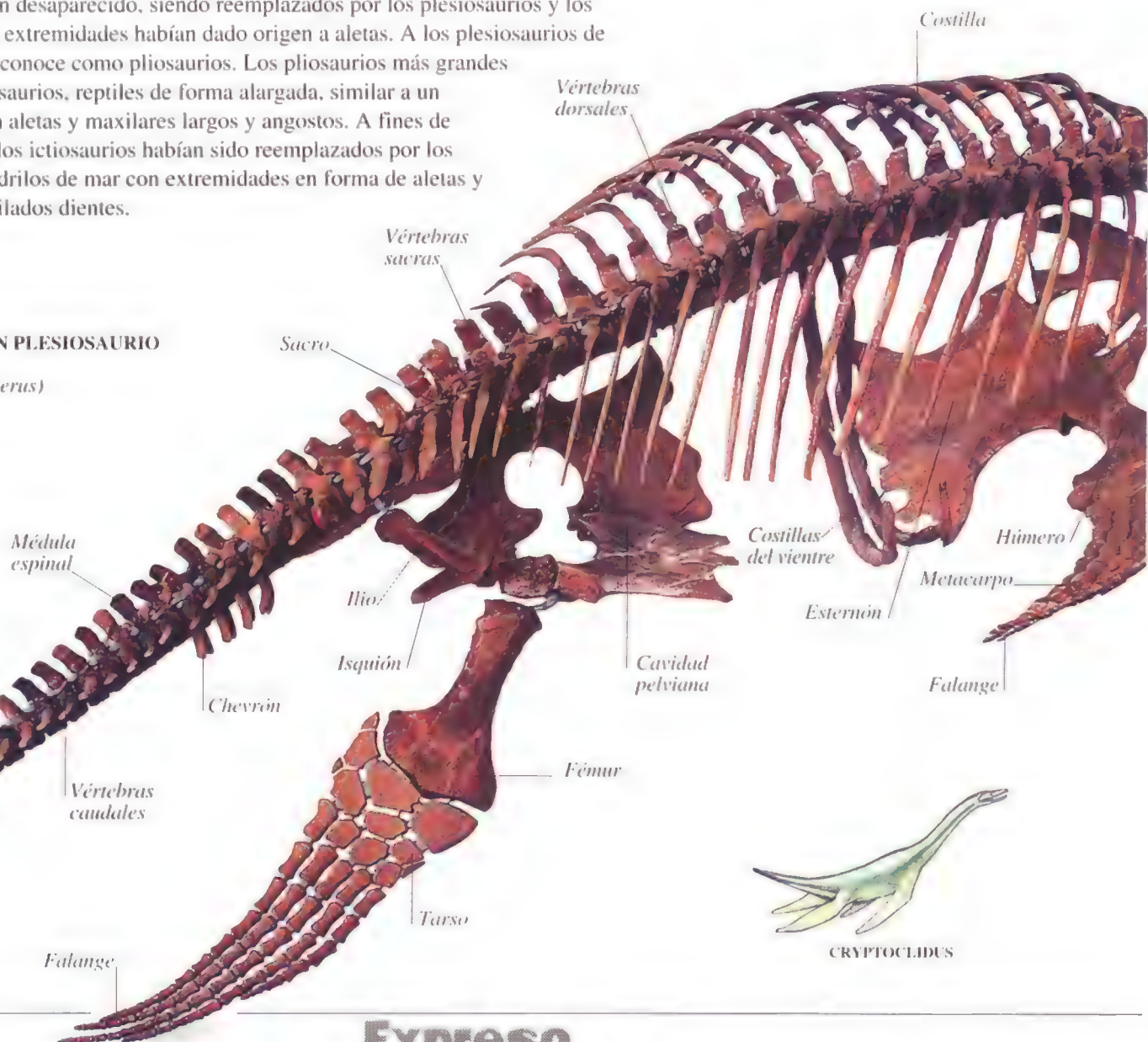
LOS PRIMEROS REPTILES DIÁPSIDOS APARECIERON hace unos 300 millones de años durante el Carbonífero Tardío. Todos los reptiles modernos y otros grupos ya extinguidos, excepto las tortugas, evolucionaron a partir de estos animales. Entre sus ya extinguidos descendientes se incluyen varios reptiles nadadores de la era Mesozoica (hace 248 - 65 millones de años).

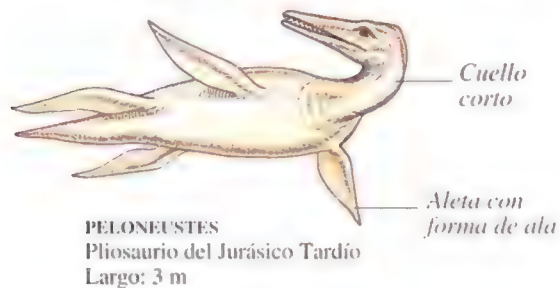
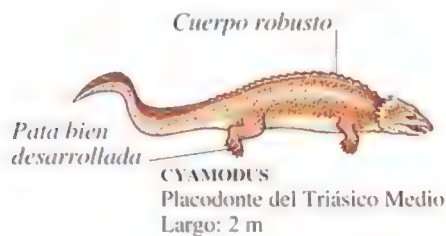
Durante el Triásico (hace 248 - 208 millones de años)

hubo dos grandes clases de reptiles marinos: el notosaurio, un reptil fusiforme que nadaba impulsándose con su gran cola, y se alimentaba de peces que atrapaba con sus afilados y entrecruzados dientes. Los enormes placodontes, que se alimentaban de moluscos, recogiendo los con sus ganchudos dientes delanteros y masticándolos con sus dientes posteriores. Ya en el período Jurásico (208 - 144 millones de años) estos grupos habían desaparecido, siendo reemplazados por los plesiosaurios y los ictiosaurios, cuyas extremidades habían dado origen a aletas. A los plesiosaurios de cuello corto se les conoce como pliosaurios. Los pliosaurios más grandes cazaban a los ictiosaurios, reptiles de forma alargada, similar a un delfín, que poseían aletas y maxilares largos y angostos. A fines de la era Mesozoica, los ictiosaurios habían sido reemplazados por los mosasaurios, cocodrilos de mar con extremidades en forma de aletas y mandíbulas con afilados dientes.

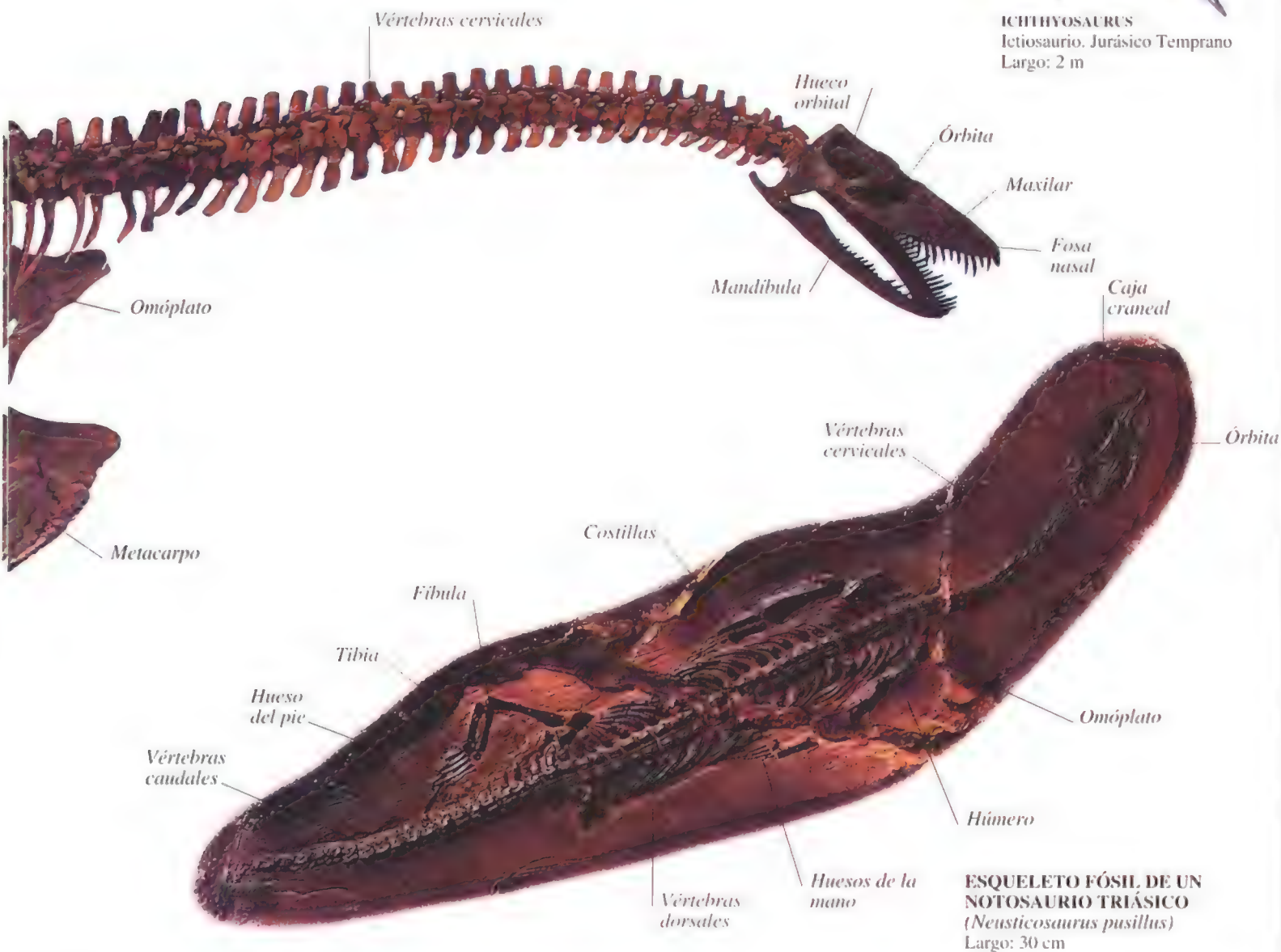


ESQUELETO DE UN PLESIOSAURIO JURÁSICO
(*Cryptoclidus eurymerus*)
Largo: 4 m





CRÁNEO DE UN ICTIOSAURIO JURÁSICO TEMPRANO (Ichthyosaurus communis)

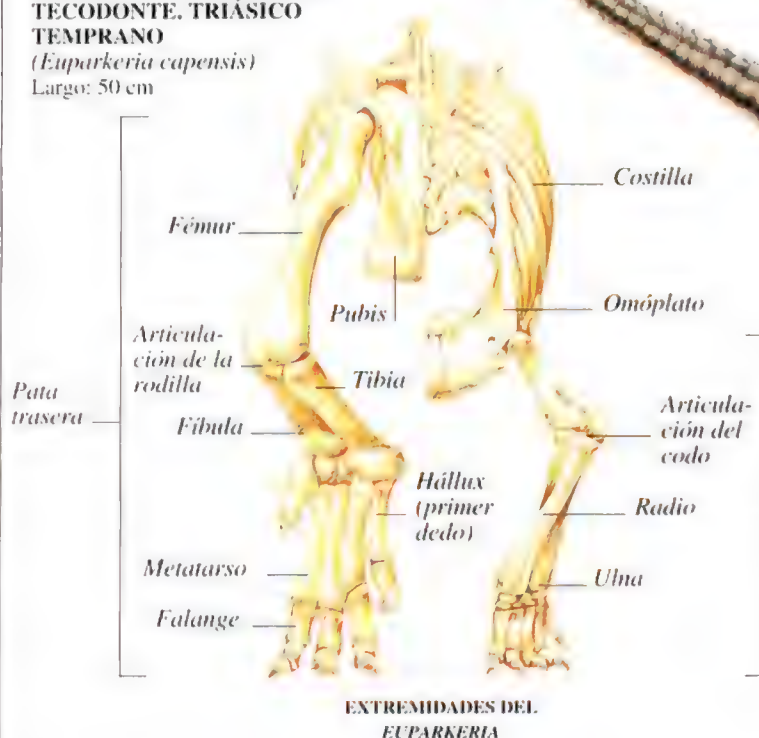


Parientes de los dinosaurios

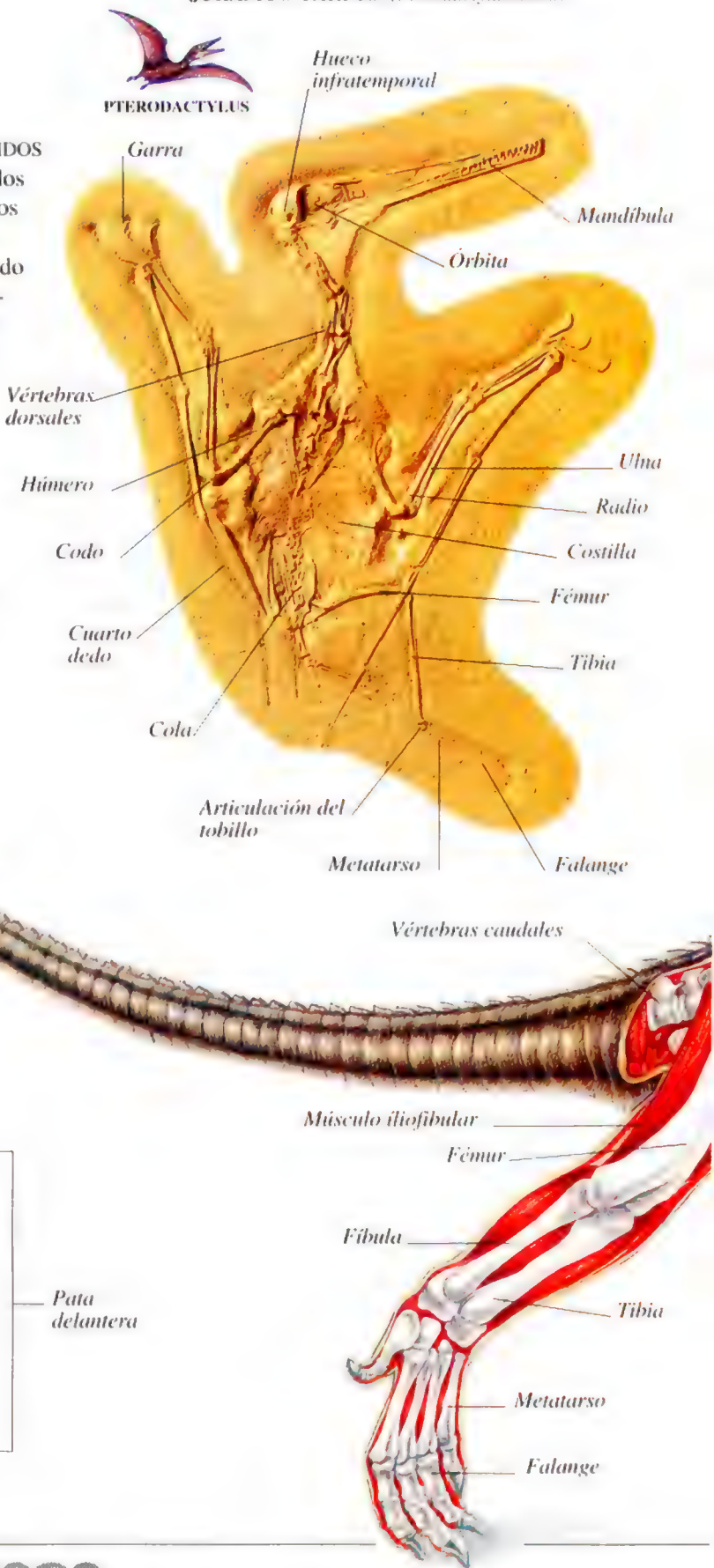
LOS ARCSAURIOMORFOS ERAN DEL GRUPO DE REPTILES DIÁPSIDOS (ver pág. 154) que incluía a los rincosaurios y arcsosaurios, diápsidos que poseían una apertura más en el cráneo, delante de cada ojo. Los arcsosaurios dominaron la vida sobre la tierra durante casi toda la Era Mesozoica (hace 248 - 65 millones de años). Durante el Período Triásico (hace 248 - 208 millones de años) los arcsosaurios se dividieron en cuatro subgrupos: los "tecodontes", los dinosaurios, los pterosaurios, y los cocodrilos. Los "tecodontes" fueron los primeros en evolucionar, y los incluimos "entre comillas" porque no es seguro que hayan formado un grupo directamente relacionado. El tecodonte *Euparkeria*, del Triásico Temprano, era casi bípedo, podía recoger sus rodillas y pararse en sus patas traseras para correr. Durante el Triásico Tardío, los tecodontes dieron paso a los dinosaurios y a los pterosaurios. Los pterosaurios eran reptiles voladores con alas recubiertas por piel. Los cocodrilos incluían al *Deinosuchus*, probablemente el cocodrilo de mayor tamaño que haya existido en el Cretácico Tardío (hace 97,5 - 65 millones de años). Todos los tecodontes se extinguieron hacia fines del Triásico; en tanto que los dinosaurios y pterosaurios vivieron hasta fines del Cretácico.

CARACTERÍSTICAS DE UN TECODONTE, TRIÁSICO TEMPRANO

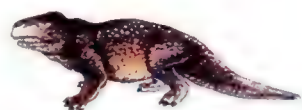
(*Euparkeria capensis*)
Largo: 50 cm



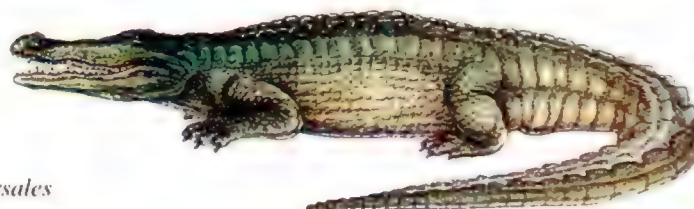
FÓSIL DE PTEROSAURIO JURÁSICO TARDÍO (*Pterodactylus kochi*)



EJEMPLOS DE ARCOSAURIOS



ERYTHROSUCHUS
Tecodonte
Largo: 4,5 m

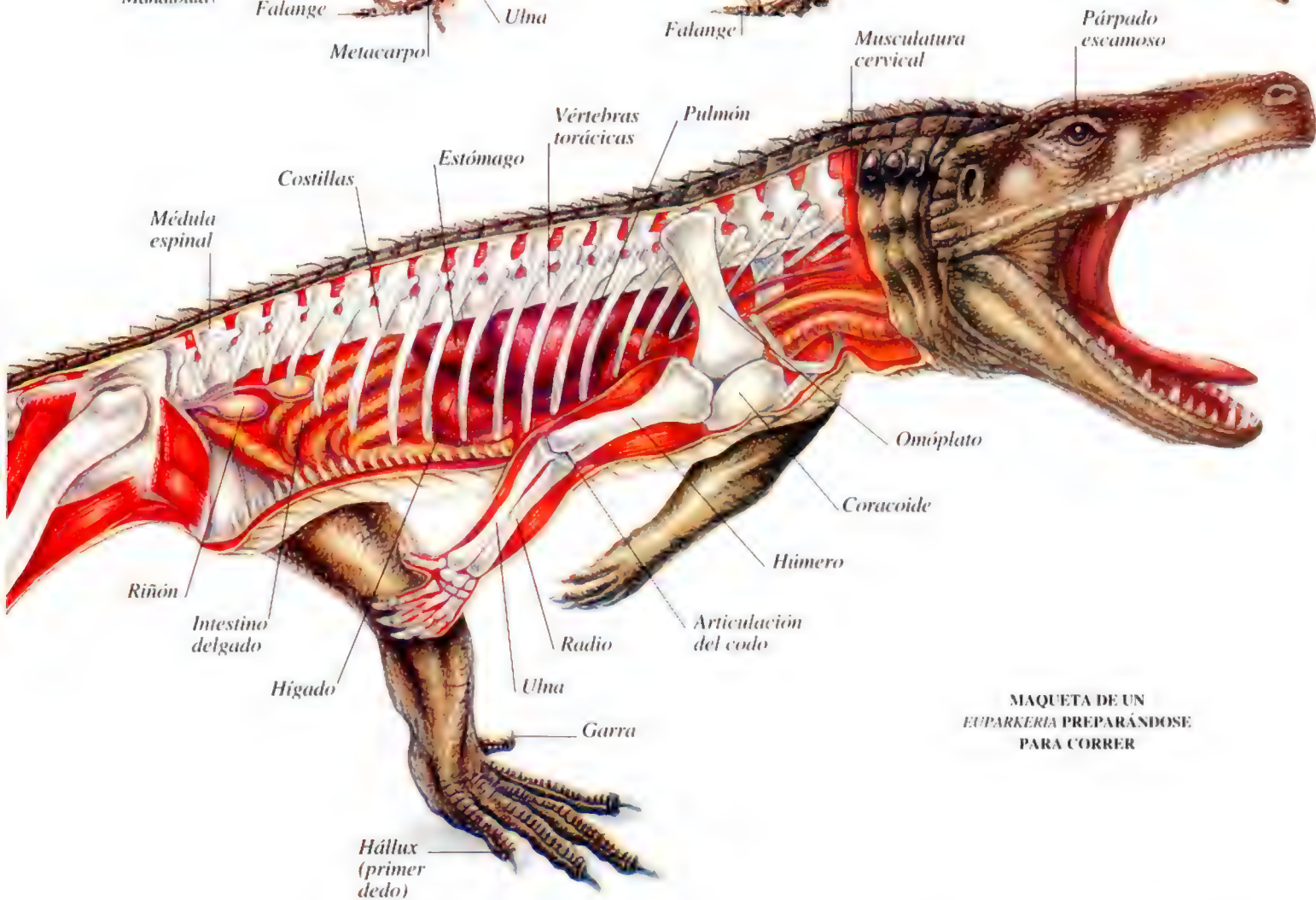
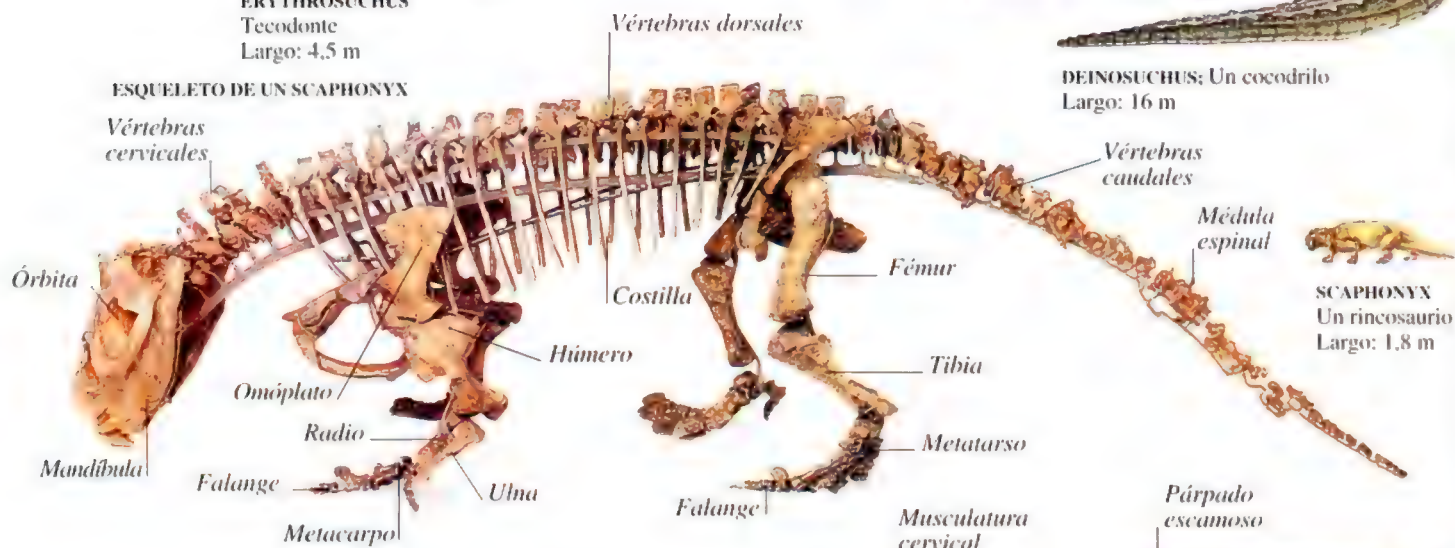


DEINOSUCHUS; Un cocodrilo
Largo: 16 m



SCAPHONYX
Un rincosaurio
Largo: 1,8 m

ESQUELETO DE UN SCAPHONYX

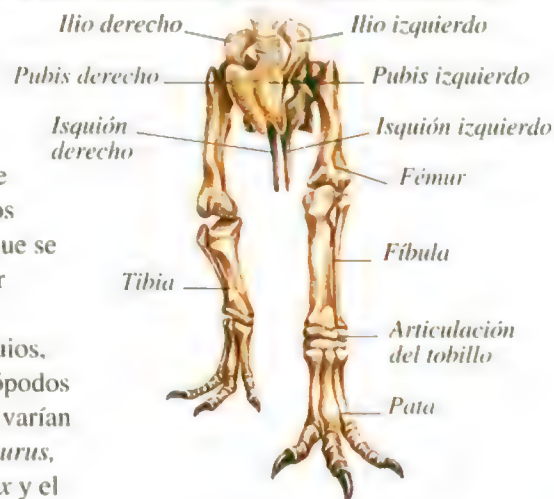


MAQUETA DE UN
EUPARKERIA PREPARÁNDOSE
PARA CORRER

Dinosaurios saurisquios

LOS DINOSAURIOS FUERON LOS ANIMALES terrestres que dominaron el planeta desde el Triásico Tardío hasta el Cretácico Tardío (hace casi 225 - 65 millones de años). Los dinosaurios se clasifican en una subdivisión de los arcosaurios (ver págs. 158-159), que se distinguen por su posición erecta (a diferencia de la mayoría de los arcosaurios) y por varios detalles del cráneo y de los huesos de sus extremidades. Los dinosaurios se clasifican en saurisquios, cuyos huesos púbicos se inclinan hacia adelante; y ornitisquios, en los cuales éstos se inclinan hacia atrás. A su vez, los saurisquios se dividen en terópodos y sauropodomorfos. Los terópodos, que incluyen a todos los dinosaurios predadores, varían en tamaño, tan pequeños como un pollo, el *Compsognathus*, hasta el enorme *Spinosaurus*, de 15 metros de largo y cola con "abanico". Otros ejemplos son el *Tyrannosaurus Rex* y el *Avimimus*, parecido a un ave. Los sauropodomorfos incluyen los animales terrestres más grandes que hayan existido, divididos en dos grupos, los prosaurópodos y sus enormes sucesores, los saurópodos, tales como el *Apatosaurus*, de 21 metros de largo.

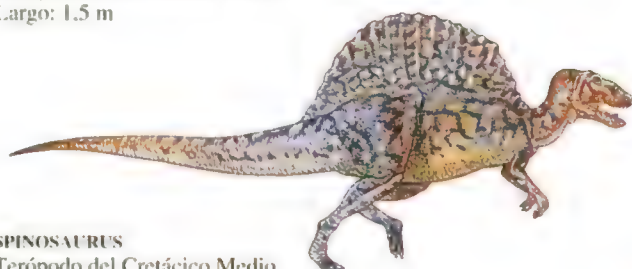
VISTA DE FRENTE DEL ARCO PÉLVICO Y HUESOS DE EXTREMIDADES DE UN TIRANOSAURIO



EJEMPLOS DE DINOSAURIOS SAURISQUIOS



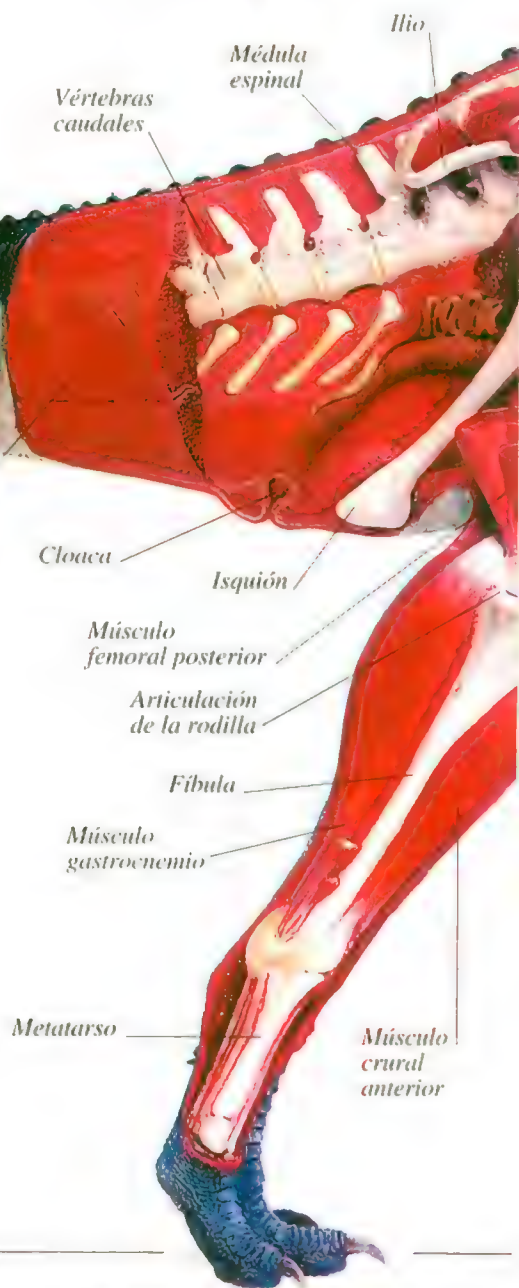
AVIMIMUS
Terópodo del Cretácico Tardío
Largo: 1,5 m



SPINOSAURUS
Terópodo del Cretácico Medio
Largo: 15 m



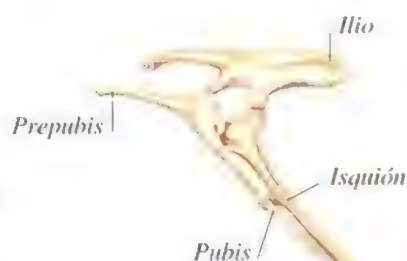
APATOSAURUS
Saurópodo del Jurásico Tardío
Largo: 21 m



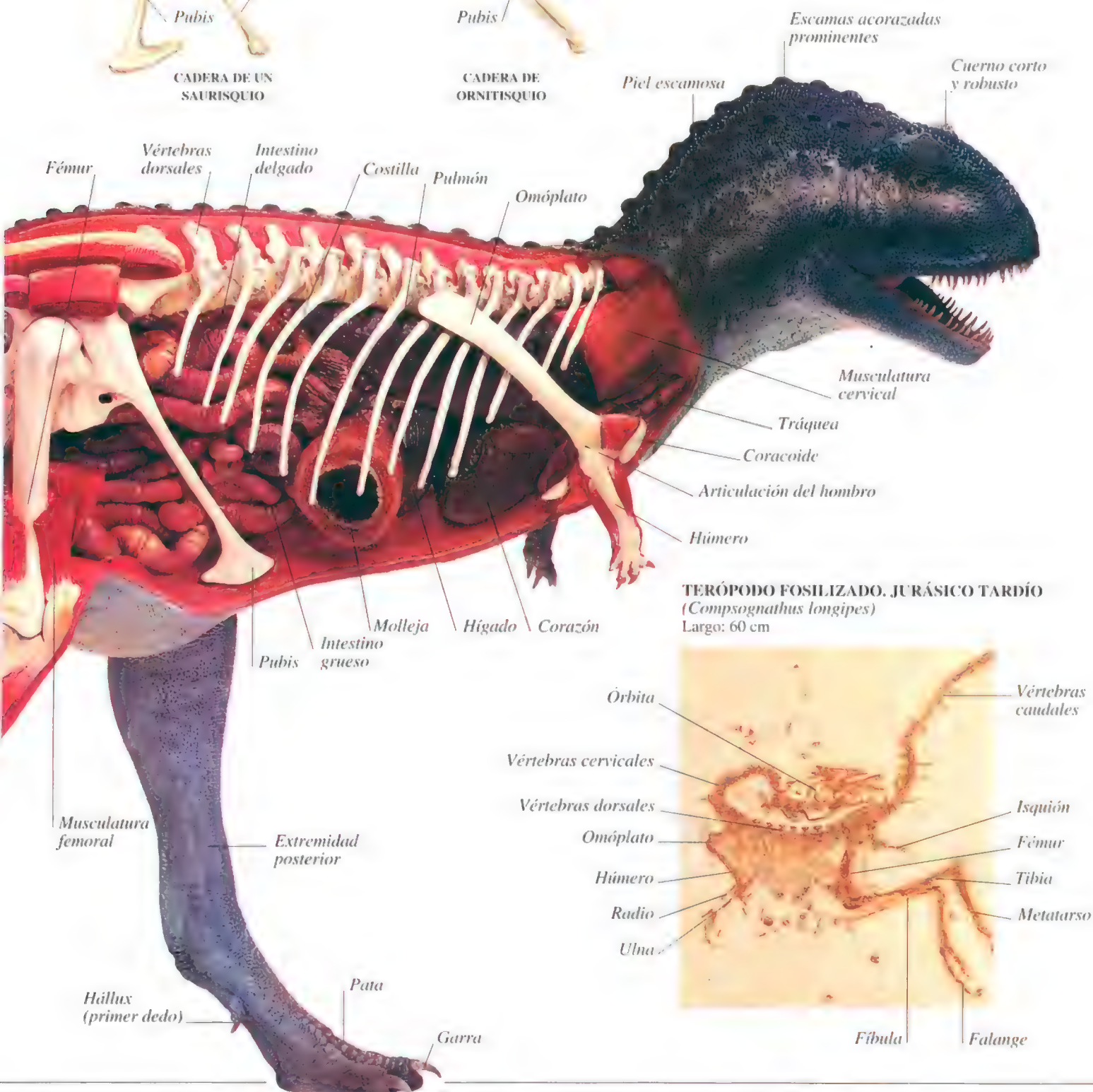
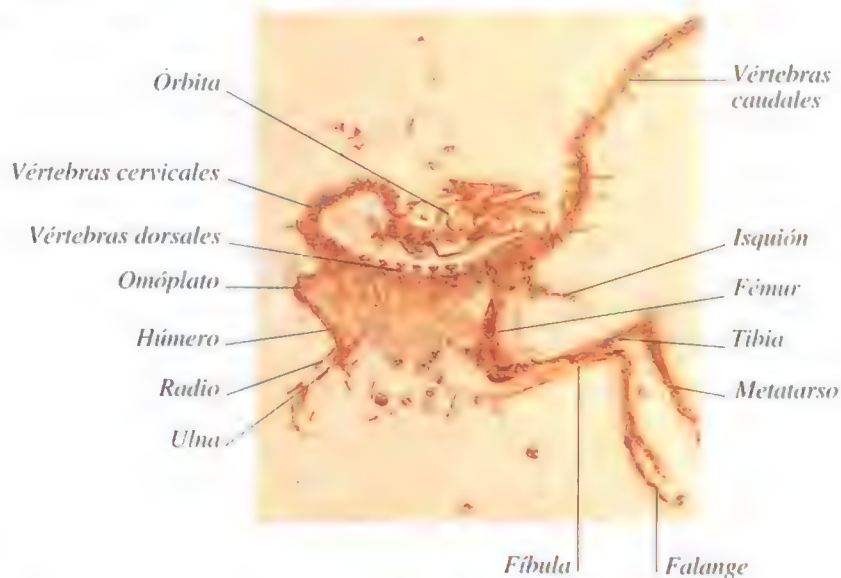
COMPARACIÓN DE LOS HUESOS PÉLVICOS DE LOS DINOSAURIOS



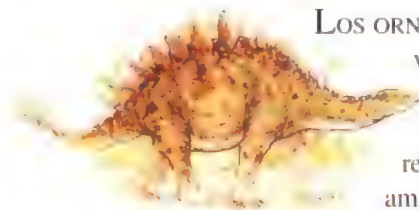
CADERA DE UN SAURISQUIO



CADERA DE ORNITISQUIO

ANATOMÍA DE UN TERÓPODO CRETÁCICO MEDIO
(*Carnotaurus sastrei*)
Largo: 7,6 mTERÓPODO FOSILIZADO. JURÁSICO TARDÍO
(*Compsognathus longipes*)
Largo: 60 cm

Dinosaurios ornitisquios



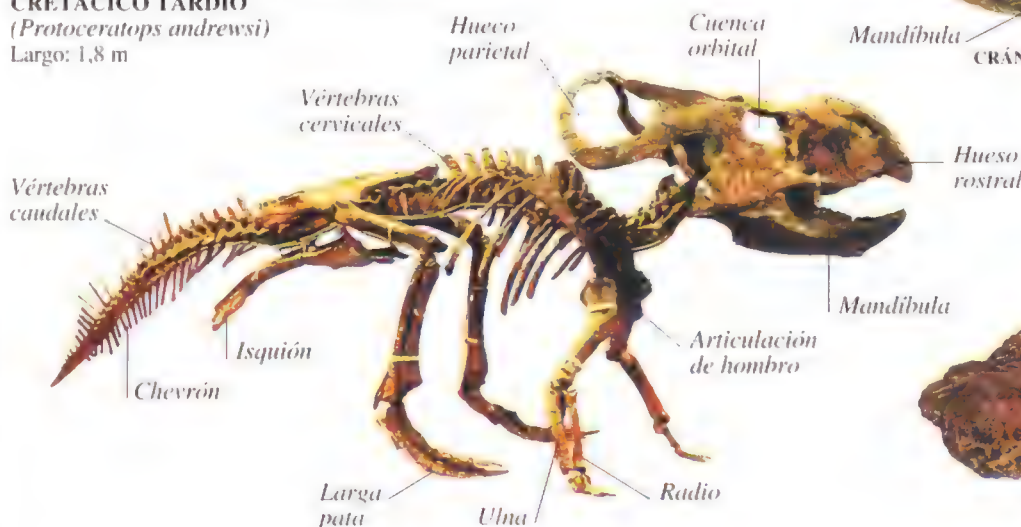
TUOJIANGOSAURUS
Tiróforo

LOS ORNITISQUIOS FUERON DINOSAURIOS herbívoros, que poseían dientes y mandíbulas adaptados especialmente a su dieta. Muchos tenían pico desdentado para recoger hojas, y unas cavidades internas a ambos lados de las mejillas que usaban para guardarlas, poseían dientes adecuados para masticarlas. Hay tres sub-clases de ornitisquios:

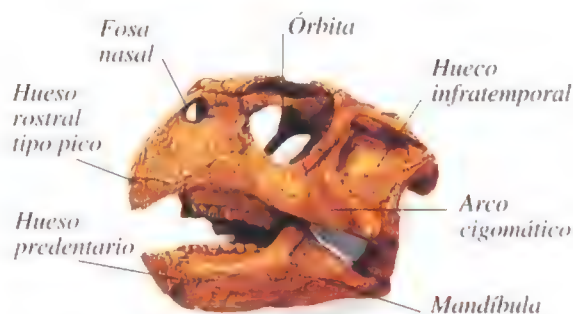
ornitópodos, tiróforos, y marginocéfalos. Los ornitópodos incluían especies que podían desplazarse algunas distancias corriendo gracias a sus patas traseras. Entre ellos se encuentra el hadrosaurio, *Parasaurolophus*, que tenían una cresta cefálica ósea, inclinada hacia atrás, con un paso de aire parecido a un trombón que permitía a este inmenso animal herbívoro, de 10 metros de largo, emitir fuertes sonidos. Los tiróforos incluyen los estegosaurios y los anquilosaurios. Los estegosaurios, tales como el *Tuojiangosaurus*, tenía dos hileras de espinas óseas o placas en su espinazo, cuello y cola. Los anquilosaurios medían entre 3 y 7 metros, como el *Minmi* y el fuertemente acorazado *Euoplocephalus*, respectivamente. El extremo de la cola de este último tenía un hueso con forma de trébol, abombada y ancha. Los marginocéfalos tenían una especie de máscara córnea en la parte posterior de su cráneo, y se dividían en dos subgrupos: los pacicefalosaurios, tales como el *Estegocero*, y los ceratópsidos, tales como el *Psittacosaurus* y el *Protoceratops*, de 1,8 metros de largo. El ceratópsido más grande que existió fue el *Triceratops*, un dinosaurio de tres cuernos, similar a un rinoceronte, que medía 9 metros.

ESQUELETO DE UN MARGINOCÉFALO. CRETÁCICO TARDÍO

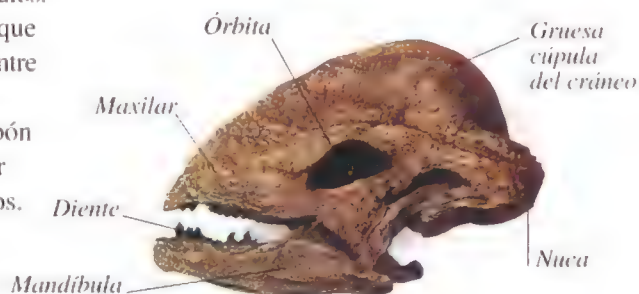
(*Protoceratops andrewsi*)
Largo: 1,8 m



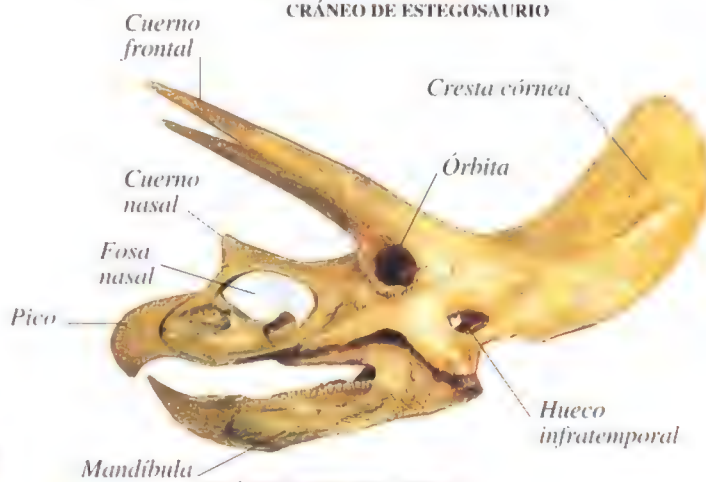
CRÁNEOS DE MARGINOCÉFALOS



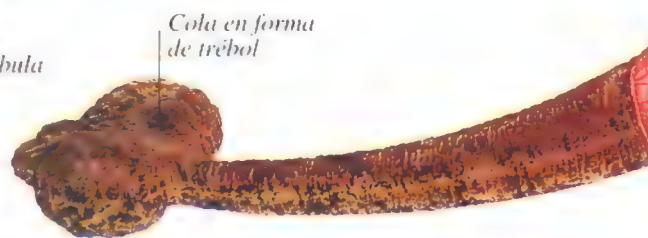
CRÁNEO DE PSITTACOSAURIO



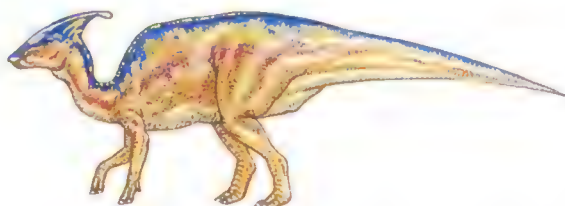
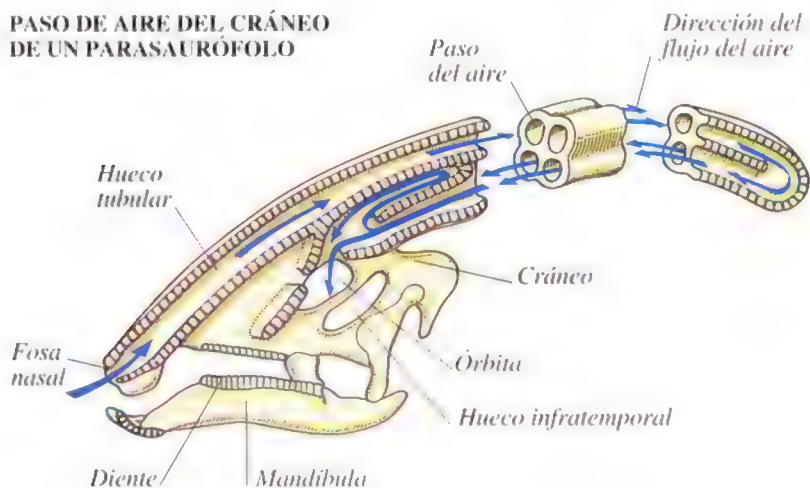
CRÁNEO DE ESTEGOSAURIO



CRÁNEO DE TRICERATOPS

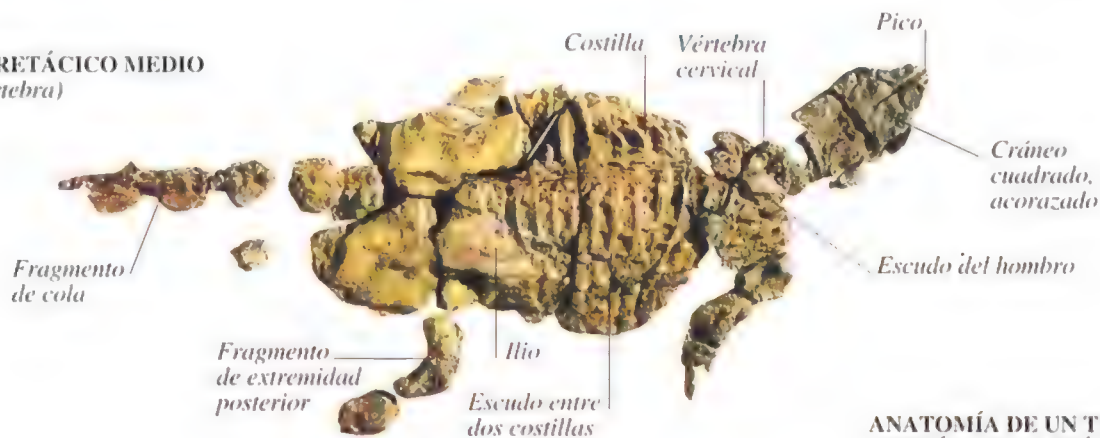


PASO DE AIRE DEL CRÁNEO DE UN PARASAUROFOLO

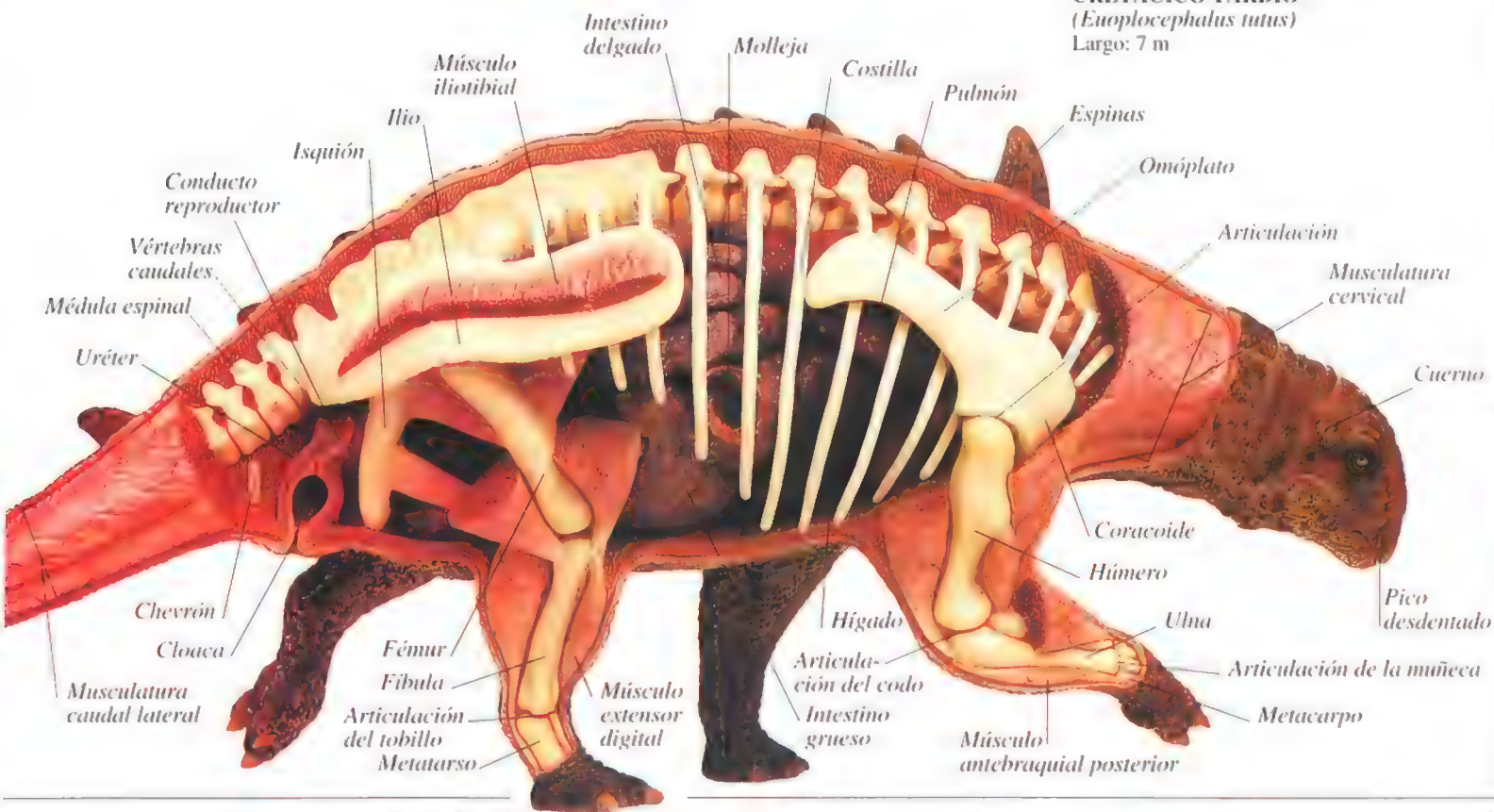


PARASAUROFOLO
Ornitópodo del Cretácico Tardío
Largo: 10 m

TIRÓFORO. CRETÁCICO MEDIO (Minmi paravertebra) Largo: 3 m



**ANATOMÍA DE UN TIRÓFORO
CRETÁCICO TARDÍO
(Euoplocephalus tutus)
Largo: 7 m**



Pájaros primitivos



ICHTHYORNIS

EL PRIMER PÁJARO CONOCIDO FUE EL *ARCHAEOPTERYX*, del tamaño de un cuervo moderno, que habitó en el Jurásico Tardío, hace 150 millones de años. Se cree que desciende de los maniráptoros, pequeño grupo de dinosaurios terópodos, de peso ligero y cuerpos ágiles. La diferencia más notoria era que el *Archaeopteryx* tenía su cuerpo cubierto de plumas. En otros aspectos eran tan iguales que se cree que los pájaros son dinosaurios voladores vivos. El *Archaeopteryx* tenía dientes pequeños y filudos, dedos con garras, y la larga cola ósea de un maniráptoro. Algunos pájaros continuaron teniendo dientes, durante el Cretácico (hace 144 - 65 millones de años) tales como el *Ichthyornis*, parecido a la gaviota, y el *Hesperornis*, un gran zambullidor. A partir del Cretácico desaparecen las aves dentadas; las más similares son los pájaros con denticulos óseos del Período Terciario (hace 65 - 2 millones de años), como el *Osteodontornis*. Ellos tenían proyecciones óseas filudas en cada una de sus mandíbulas, en vez de verdaderos dientes. Algunos pájaros del Cretácico Tardío, como el *Patagopteryx*, perdieron su habilidad para volar. En algunas partes del planeta, durante el Terciario, estos pájaros de tierra rivalizaban con los mamíferos carnívoros como los mejores predadores. El *Phorusrhacus*, del Mioceno Temprano, hace unos 20 millones de años, fue un gran cazador que habitaba en América del Sur.

PÁJARO FOSILIZADO
JURÁSICO TARDÍO
(*Archaeopteryx lithographica*)

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión



ARCHAEOPTERYX



Borde escamoso

Mandíbula superior

Oreja

Mandíbula inferior

Piel sin plumas

Vértebra cervicales

Húmero

Cráneo

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

Pubis

Tibia

Falange

Metatarso

Isquión

Impronta de pluma de la cola

Hálux revertido

Vértebra caudales

Articulación de la cadera

Cráneo

Ilio

Órbita

Vértebra cervicales

Ulna

Radio

Ulna

Radio

Falange

Metacarpo

Omóplato

Vértebra dorsales

Costilla

Húmero

Garra

Impronta de pluma del ala

Fémur

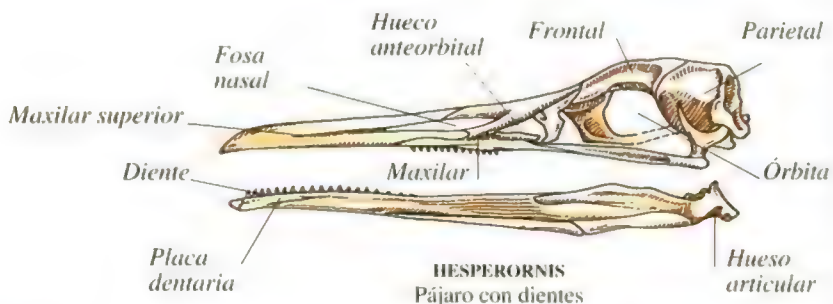
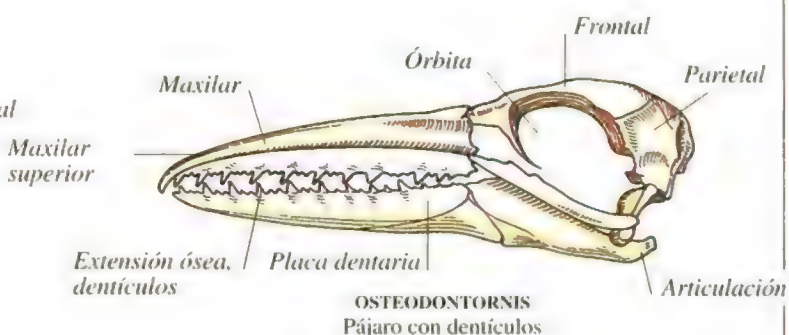
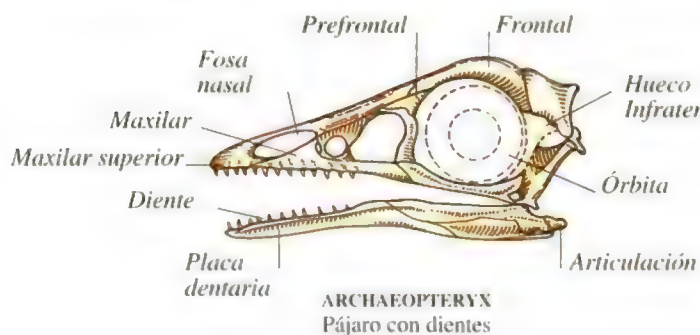
Pubis

Tibia

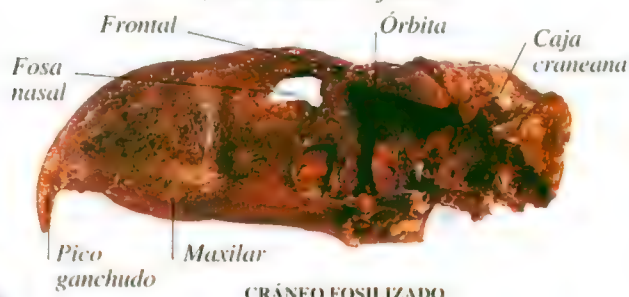
Falange

Metatarso

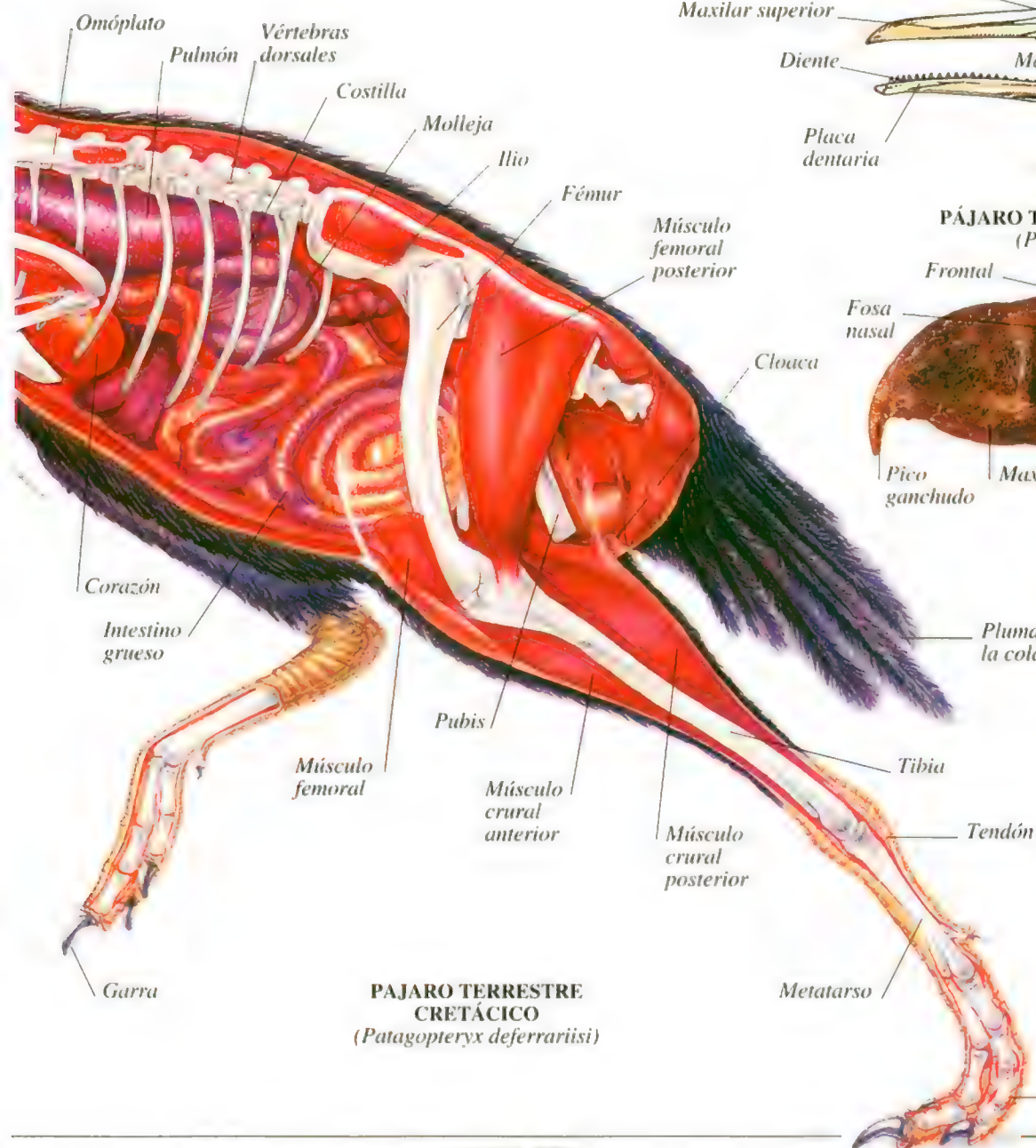
CRÁNEOS DE AVES CON DIENTES Y CON DENTÍCULOS ÓSEOS



PÁJARO TERRESTRE DEL MIÓCENO (*Phorusrhacus inflatus*)



PHORUSRHACUS
Largo: 1,5 m



Mamíferos primitivos



DIPROTODON

LOS MAMÍFEROS SON ANIMALES DE SANGRE CALIENTE, generalmente cubiertos de peludas pieles, cuyas hembras producen leche con la cual alimentan a sus crías.

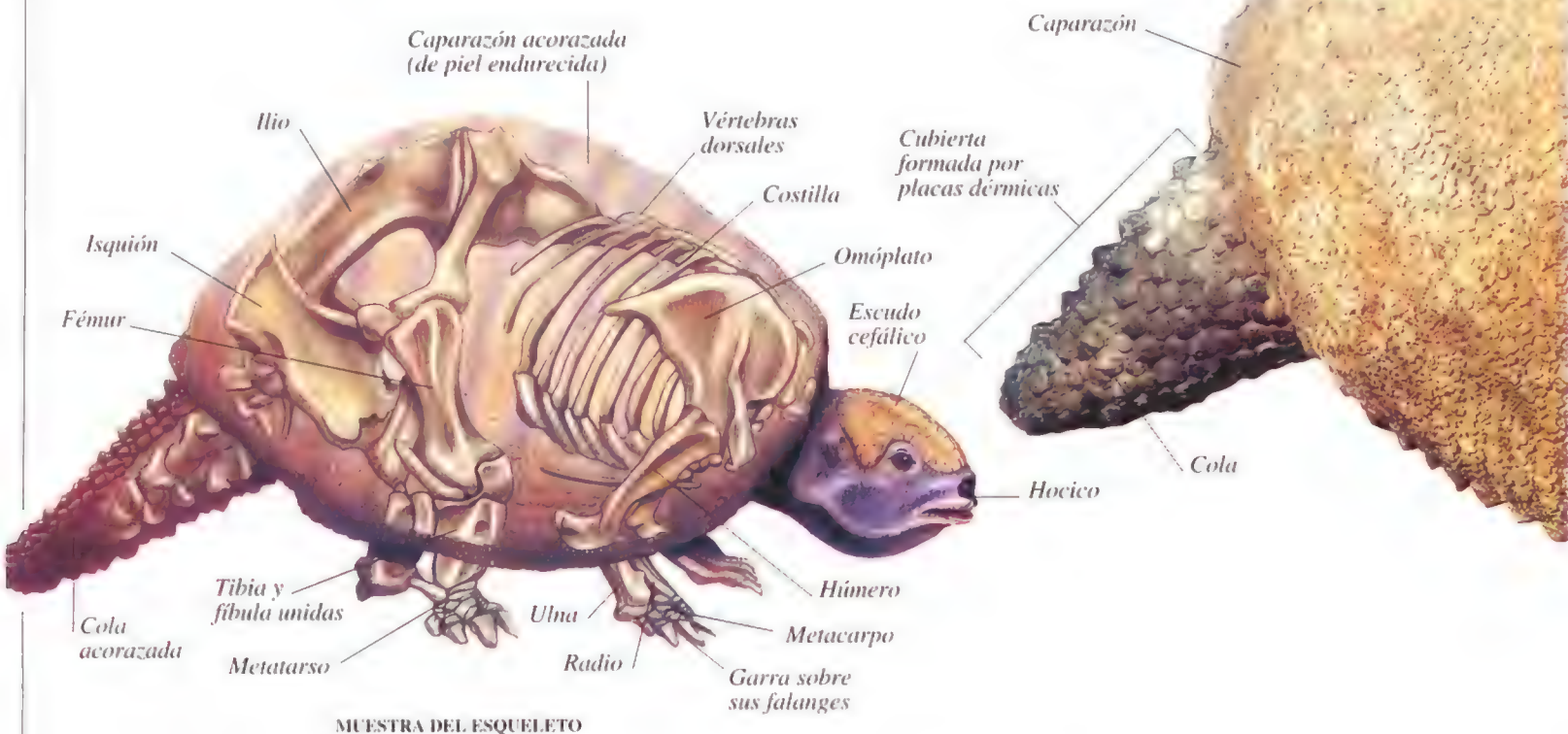
Aparecieron hace casi 220 millones

de años, en el Triásico Tardío, corto tiempo después de los dinosaurios. Los fósiles de los primeros mamíferos se distinguen de aquéllos de los reptiles terápsidos (ver págs. 154-155) por la diferencia en sus huesos de las mandíbulas y del oído medio. Los mamíferos primitivos se parecían a las musarañas y desarrollaron dientes rugosos con cúspides y tubérculos, que cortaban su alimento a medida que masticaban. Un grupo de mamíferos primitivos, los monotremas, ponían huevos y están actualmente representados por los ornitorrincos y los osos hormigueros. Gran parte de los mamíferos fósiles y vivos pertenecen al infraorden Terios, que dan a luz crías vivas (vivíparos). Antes de la extinción de los dinosaurios (hace 65 millones de años) aparecieron dos grupos de Terios, los marsupiales (con bolsa abdominal) que dan a luz crías pequeñas e inmaduras, y los placentarios, que dan a luz a crías maduras ya que se han alimentado en el vientre de su madre a través de la placenta. Los marsupiales del Pleistoceno incluían al *Diprotodon*, de Australia, que alcanzaba la talla de un hipopótamo; y a las zarigüeyas (de la familia *Didelphidae*) que aún viven en ambas Américas. Los placentarios ya extinguidos del Pleistoceno incluían al perezoso terrestre *Megatherium*, y al armadillo gigante, *Glyptodon*, de Sudamérica. Ambos son edentados, un grupo moderno que incluye a los actuales armadillos, osos hormigueros y perezosos.



MEGATHERIUM AMERICANUM. PLEISTOCENO
Largo: 6 m

GLYPTODON. PLEISTOCENO
(*Glyptodon reticulatus*)
Largo: 2 m



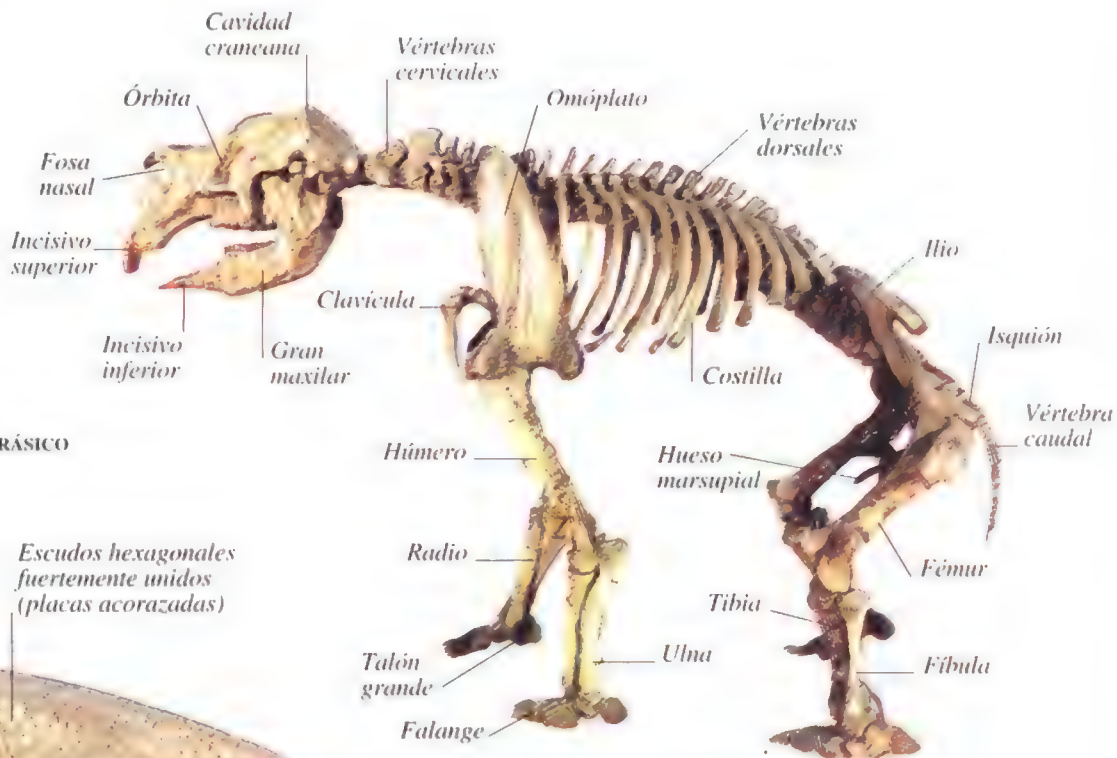
MAMÍFEROS PRIMITIVOS



MARSUPIAL DEL PLEISTOCENO
(*Didelphis albiventris*)
Largo: 30 cm



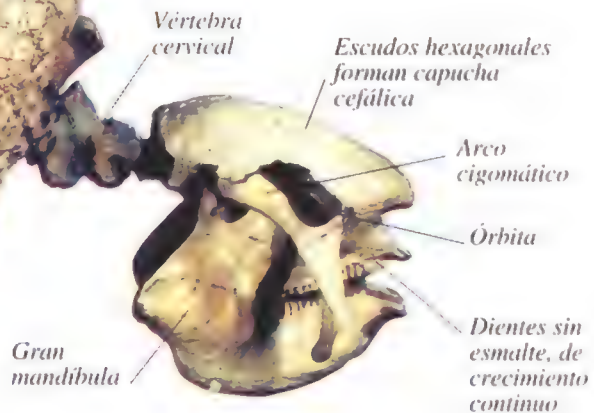
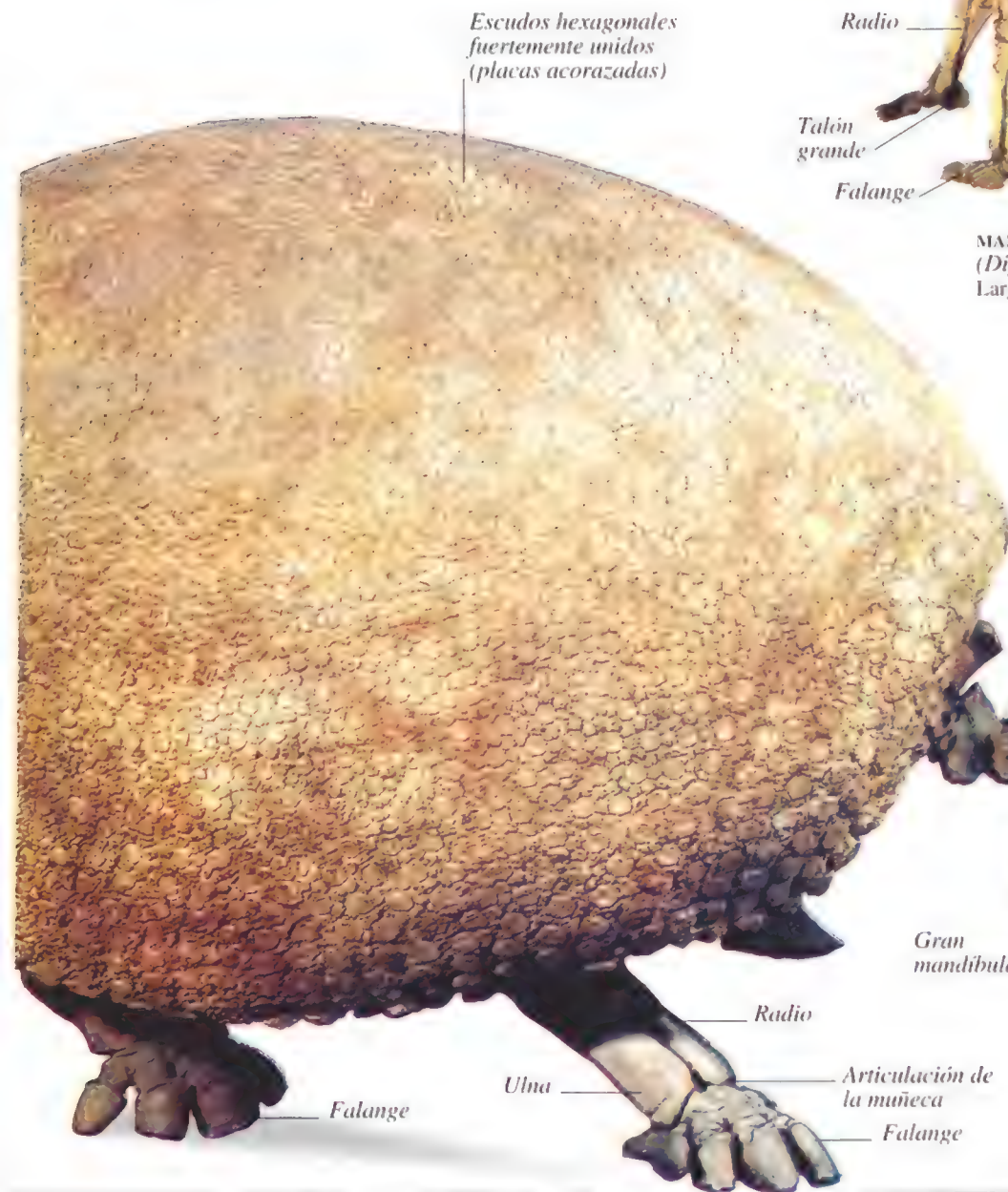
AMBILOTHERIUM PUSILLUM, JURÁSICO
Largo: 25 cm



MARSUPIAL DEL PLEISTOCENO
(*Diprotodon australis*)
Largo: 3 m



ORNITHORHYNCHUS SP.
Largo: 60 cm



MAQUETA DE FÓSIL EN POSTURA DE CAMINAR

Mamíferos carnívoros



SMILODON

Gato de grandes dientes

LOS ANIMALES MAMÍFEROS, DE DIENTES AFILADOS Y FUERTES MANDÍBULAS reemplazaron a los dinosaurios, como los mayores predadores terrestres, luego de la extinción de éstos. Los principales predadores del Paleoceno (hace 65 - 53 millones de años) fueron los pequeños ungulados llamados *Mesonychids*, a partir de los cuales, probablemente evolucionaron las ballenas. Los

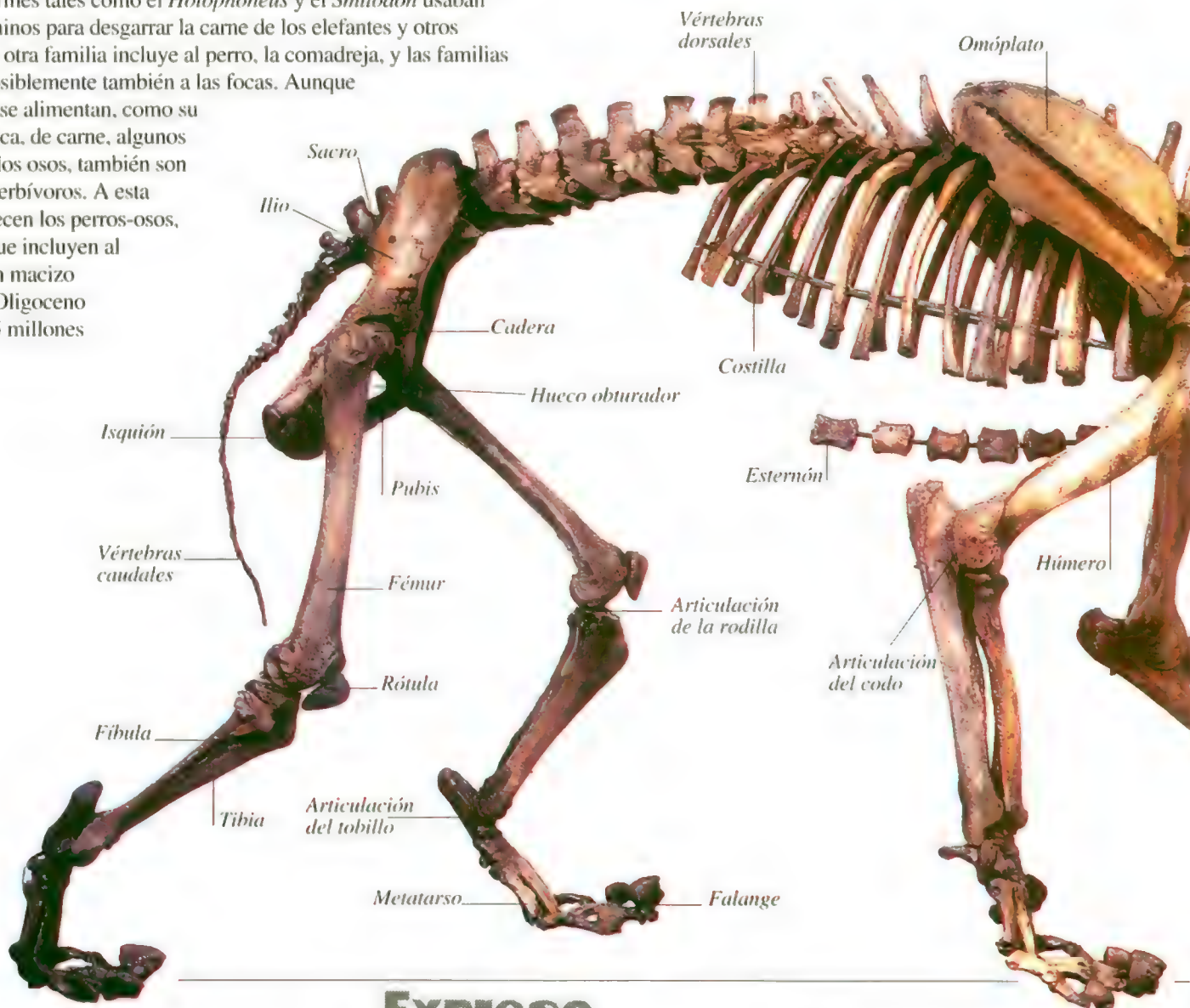
primeros carnívoros con garras fueron los creodontos, que abundaron durante el Eoceno (hace 54 - 36.5 millones de años), cuyo tamaño variaba entre el de una comadreja y un oso. El *Hyaenodon*, que alcanzaba la talla de una hiena actual, poseía extremidades largas, era plantígrado (se desplazaba apoyándose en los dedos de sus patas), de poderosas mandíbulas y molares carniceros muy agudos para tajar la carne. Los creodontos dieron paso a los modernos carnívoros, del Orden Carnívoro, que data del Paleoceno. Se dividen en dos familias; una, que incluye a los gatos, liebres y hienas. Los gatos de dientes enormes tales como el *Holophoneus* y el *Smilodon* usaban sus feroces caninos para desgarrar la carne de los elefantes y otros herbívoros. La otra familia incluye al perro, la comadreja, y las familias de los osos; posiblemente también a las focas. Aunque los carnívoros se alimentan, como su nombre lo indica, de carne, algunos grupos, como los osos, también son omnívoros y herbívoros. A esta familia pertenecen los perros-osos, anficiónidos que incluyen al *Daphoenus*, un macizo carnívoro del Oligoceno (hace 36.5 - 25 millones de años).

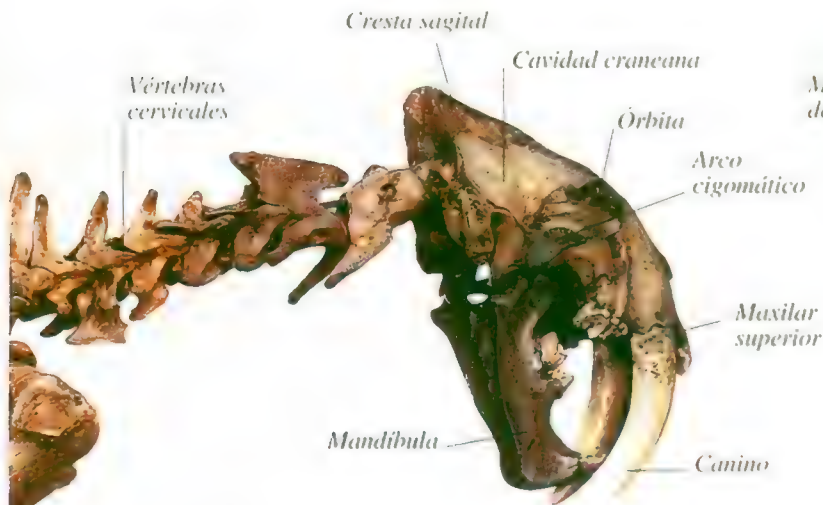
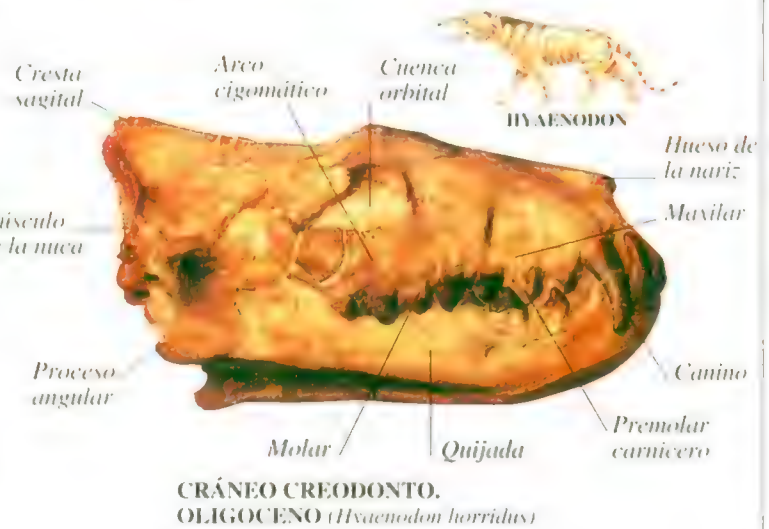
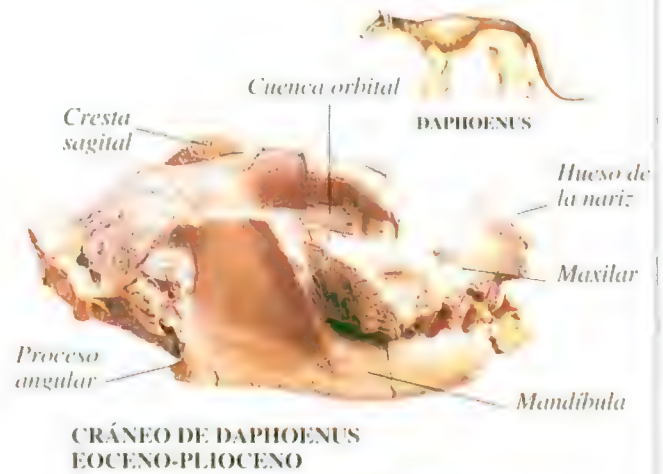
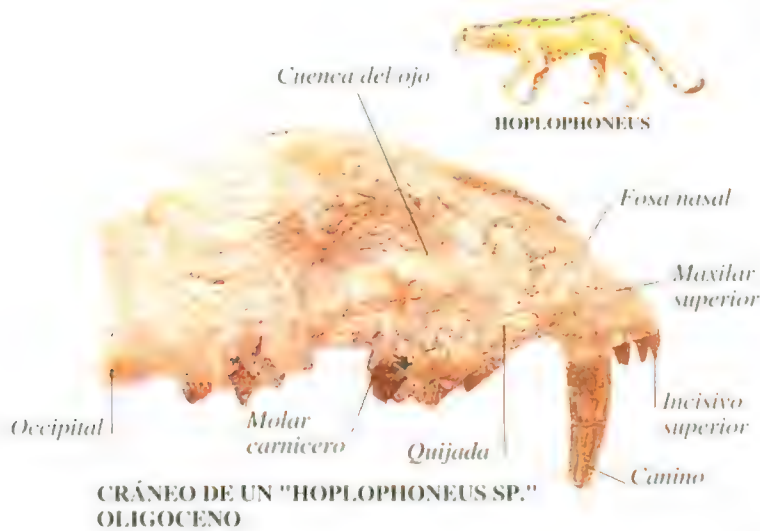


URSUS

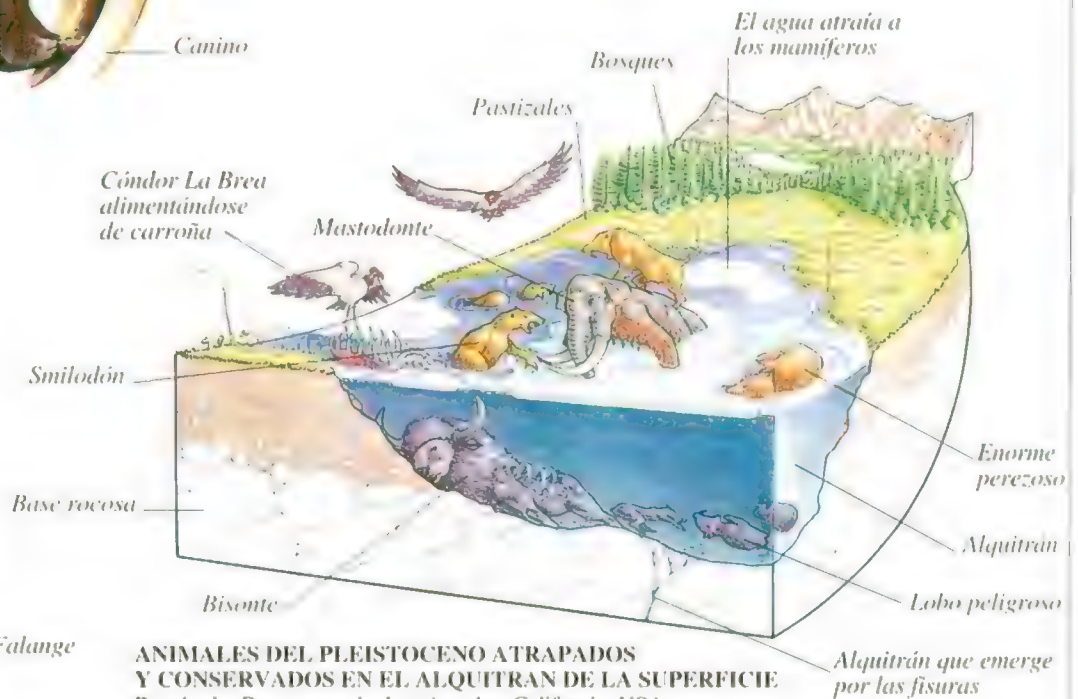


QUIJADA DE UN OSO DEL PLEISTOCENO
(*Ursus spelaeus*)





ESQUELETO DE SMILODON DEL PLEISTOCENO (Smilodon sp.)
Largo: 1,4 - 2 m



Mamíferos ungulados



HYRACOTHERIUM

LOS MAMÍFEROS UNGULADOS SON HERBÍVOROS CUYOS ANCESTROS fueron unos animales pequeños de pie muy ligero, que arrancaban corriendo en puntillas de sus depredadores. Los ungulados desarrollaron largos huesos en sus extremidades tendiendo a perder el primer dedo externo y cambiando las garras por pezuñas anchas y fuertes para sustentar su gran peso. Surgieron dos grandes grupos: los perisodáctilos o ungulados de dedos impares, y los artiodáctilos, de dedos pares; ambos aparecieron durante el Eoceno (hace 53 - 36,5 millones de años). Un primer perisodáctilo, del tamaño de un zorro, fue el *Hyracotherium*,

el primer caballo conocido. Durante el Oligoceno (hace 36,5 - 23 millones de años) los perisodáctilos alcanzaron enormes tallas: el *Brontotherium* medía 4 metros, y el enorme rinoceronte, sin cuerno, llamado *Paraceratherium* llegaba a pesar hasta 20 y posiblemente ha sido el mamífero terrestre más pesado. El rinoceronte *Coelodonta*, de 4 metros de largo, tenía un abrigo lanudo especialmente adaptado para sobrevivir las glaciaciones del Pleistoceno (hace 2 millones - 10.000 años). Los artiodáctilos evolucionaron en diversas variedades, los mamíferos del Oligoceno *Cainotherium* y el *Merycoidodon* fueron parientes lejanos del camello, el *Sivatherium* del Plioceno (hace 5,5 - 2 millones de años), similar a un alce, fue el primer pariente de la jirafa. El bisonte actual también se remonta al Plioceno. En Sudamérica, cuando ésta era una isla, hace unos 73 a 3 millones de años, se desarrollaron diversos grupos de mamíferos ungulados, incluyendo a los notoungulados. El último sobreviviente de éstos fue el *Toxodon*, del tamaño de un rinoceronte, que vivió durante el Pleistoceno.

ALGUNOS PERISODÁCTILOS



COELODONTA
Rinoceronte lanudo del Mioceno-Pleistoceno
Largo: 4 m



BRONTOTHERIUM
Oligoceno
Largo: 4 m

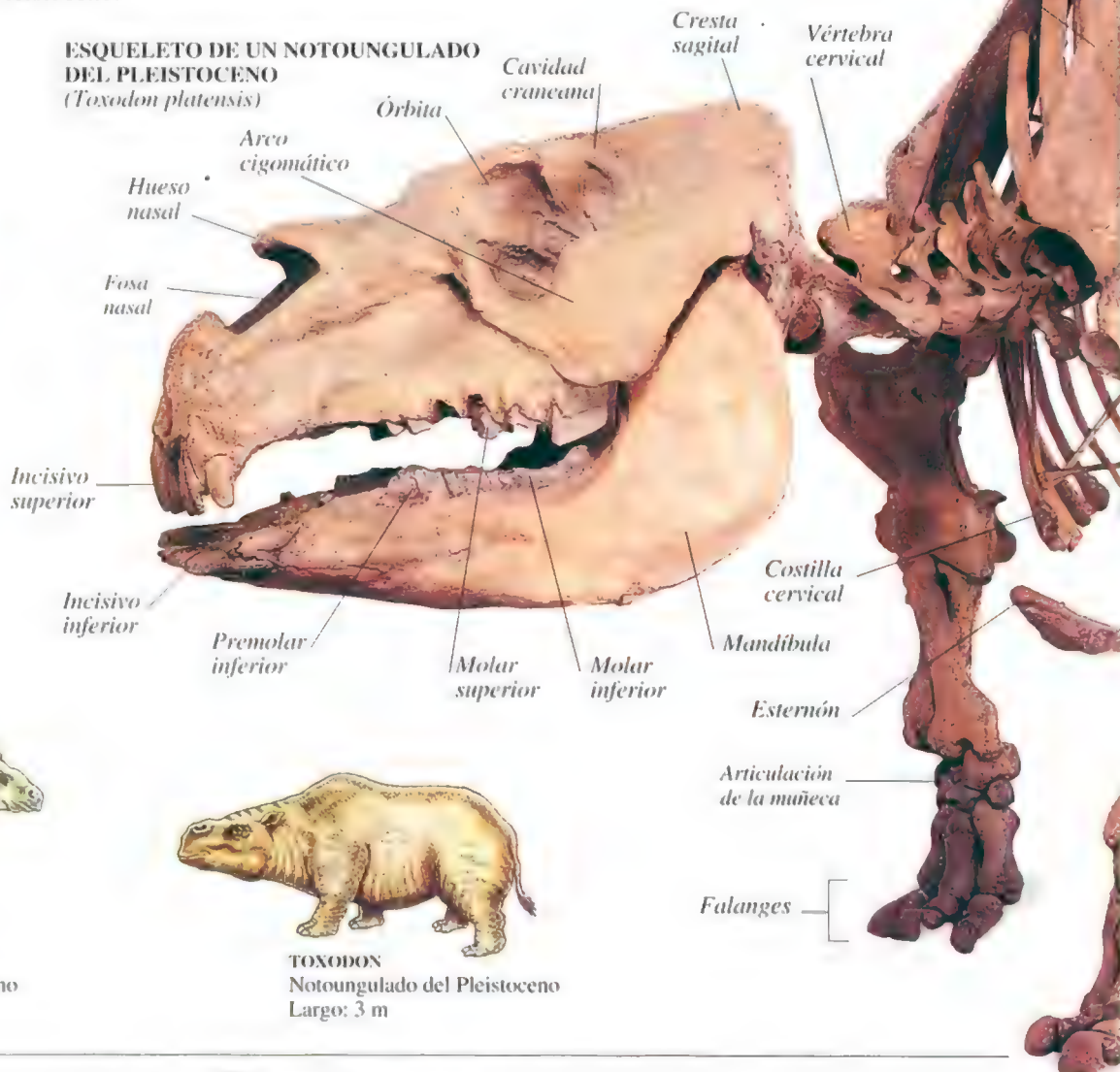


PARACERATHERIUM
Rinoceronte sin cuerno, del Oligoceno
Largo: 7 m

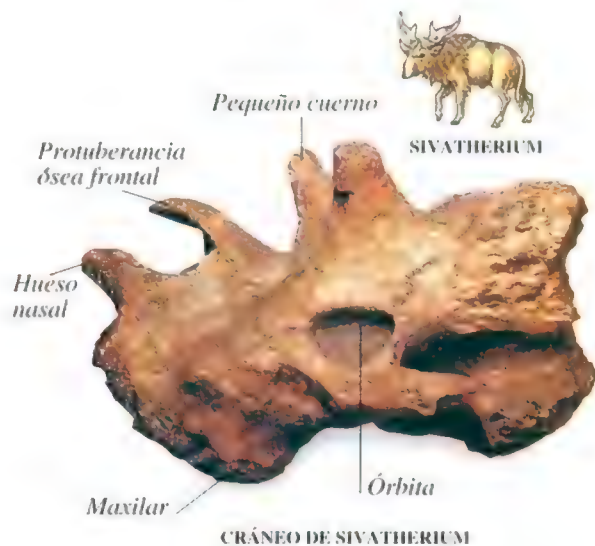
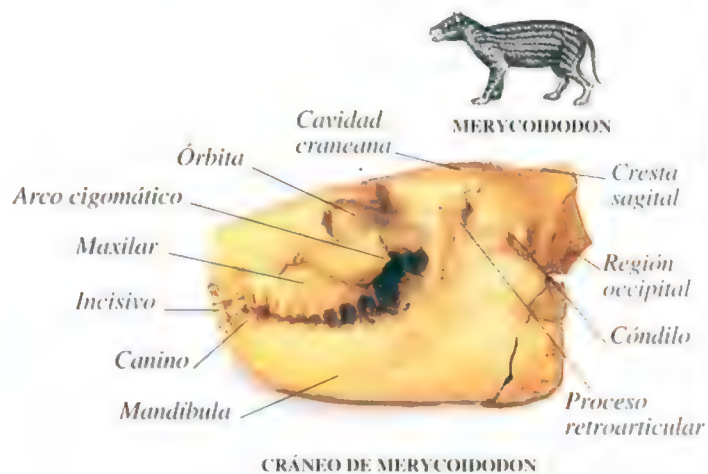
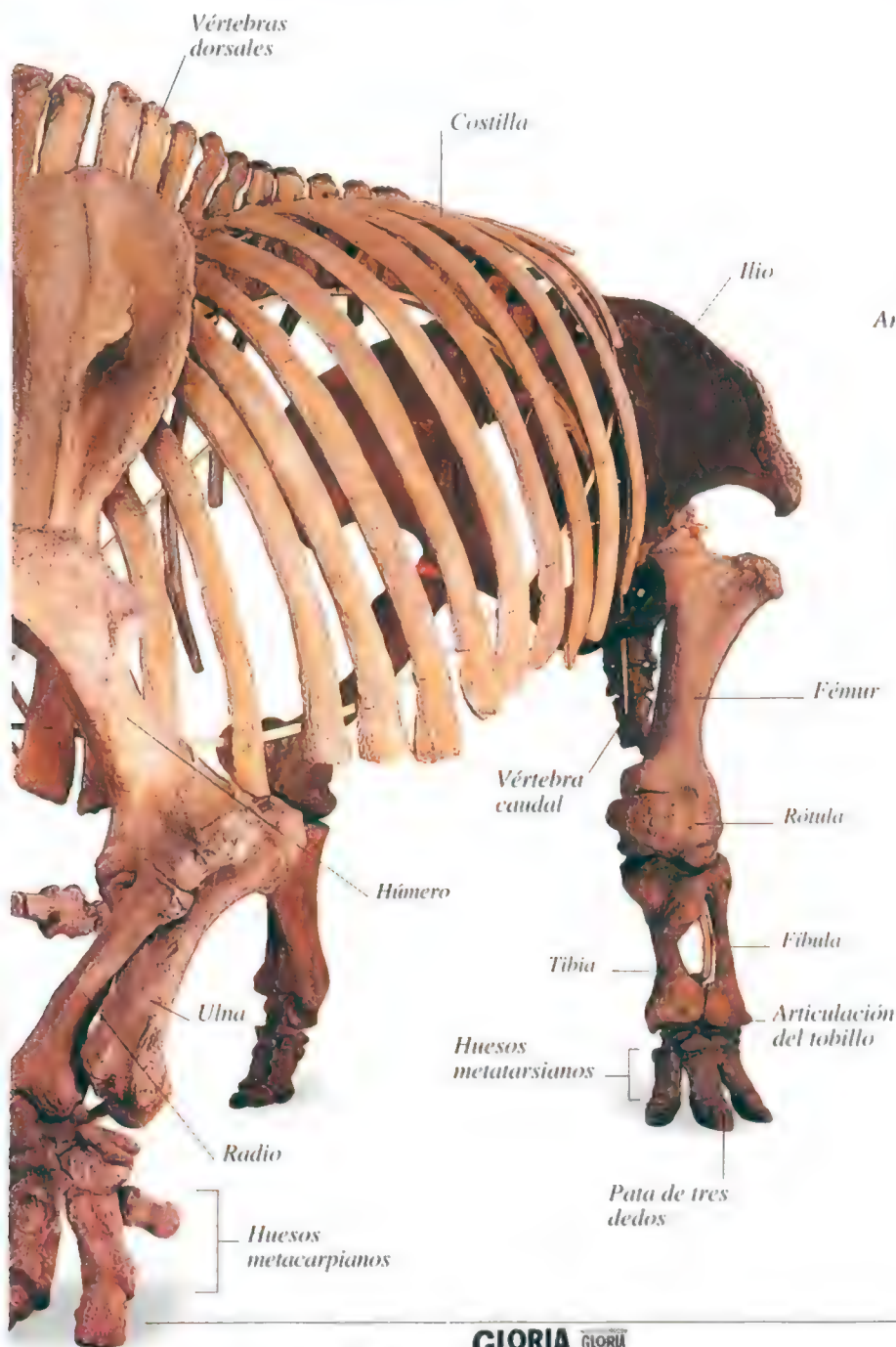
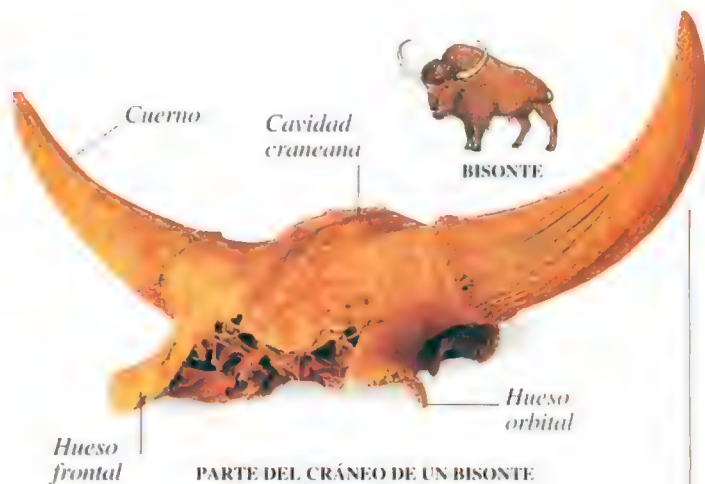
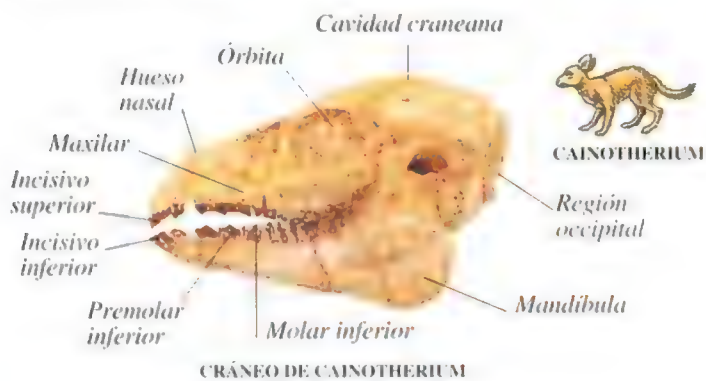


TOXODON
Notoungulado del Pleistoceno
Largo: 3 m

ESQUELETO DE UN NOTOUNGULADO DEL PLEISTOCENO (*Toxodon platensis*)



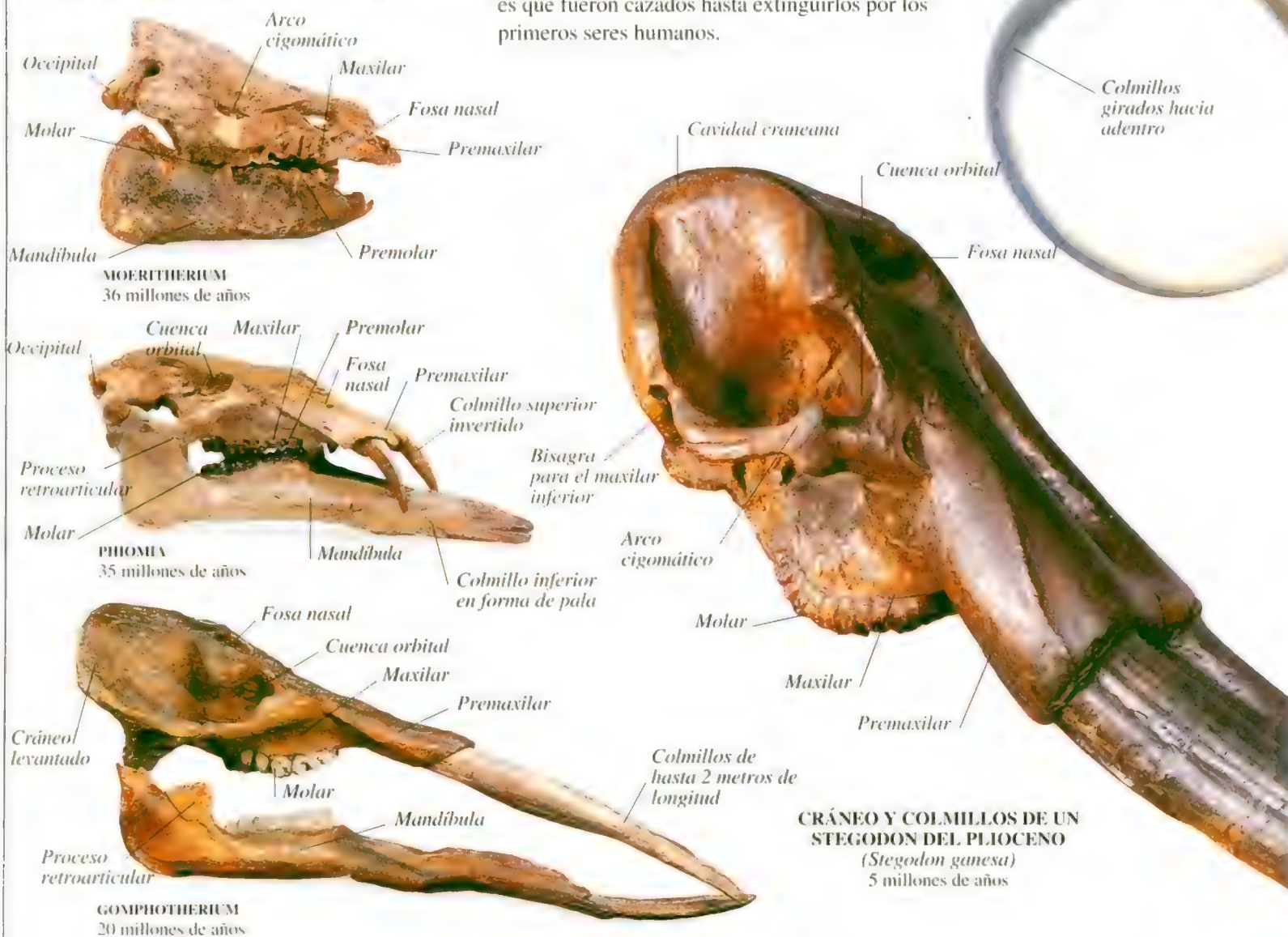
ARTIODÁCTILOS



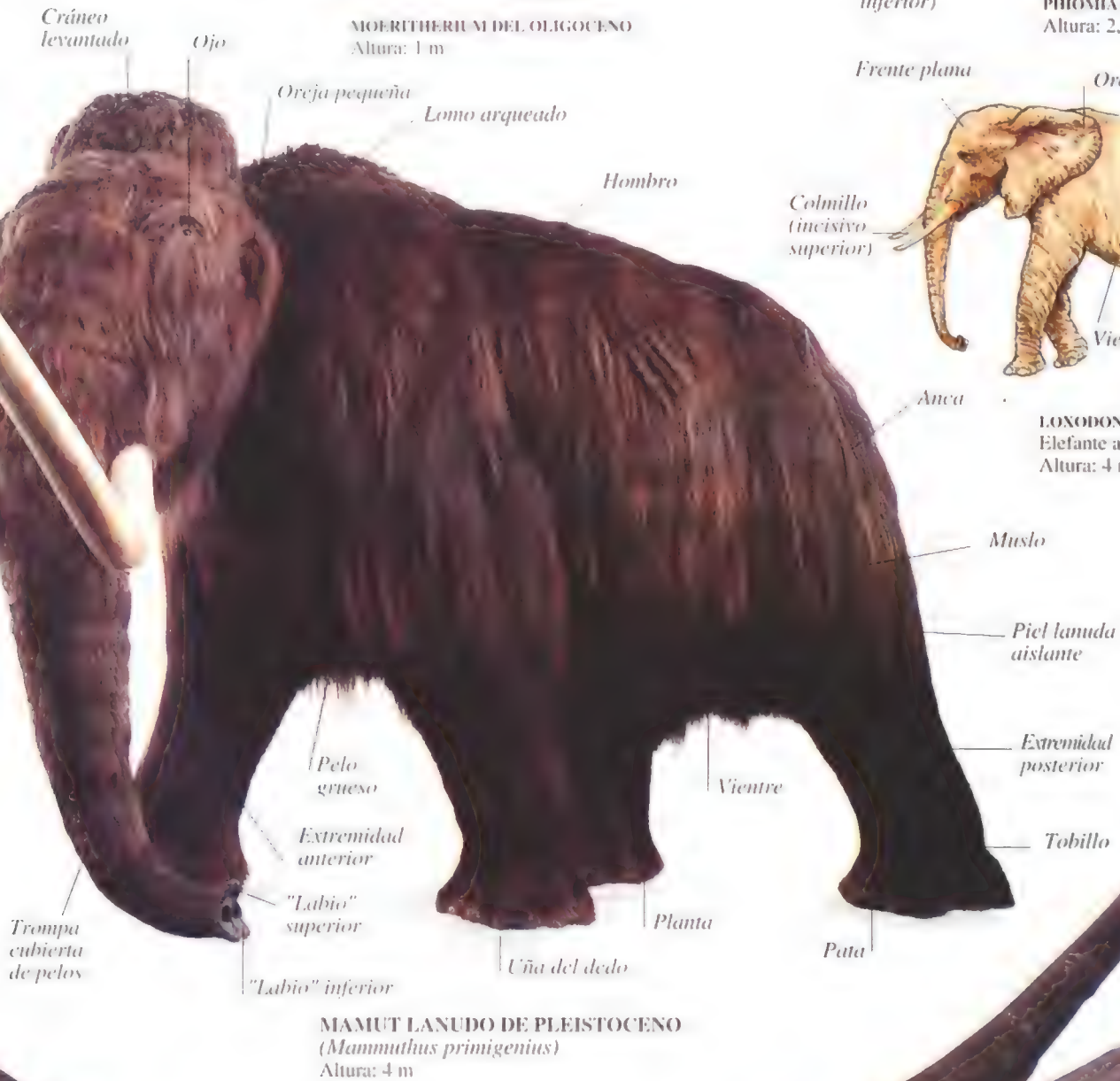
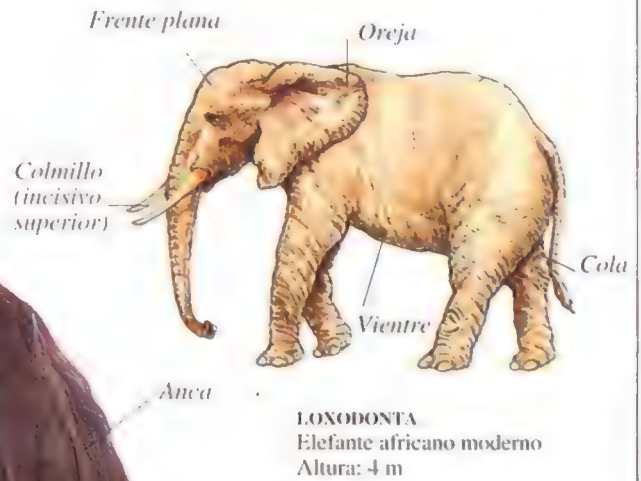
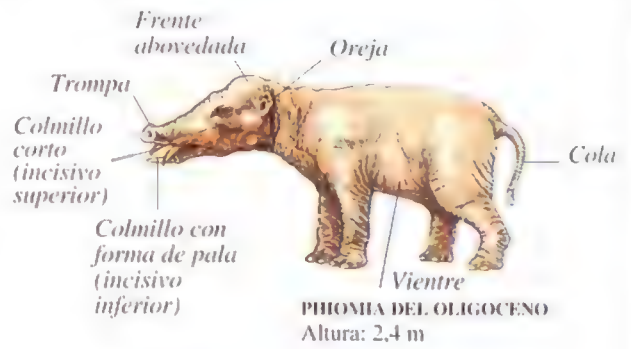
Los elefantes y sus parientes

LAS DOS ESPECIES VIVAS DE ELEFANTES – el Africano y el Indio – son los únicos proboscéidos ("con trompa") que sobreviven en la actualidad, aunque fueron muy numerosos en la era Cenozoica. Uno de los primeros representantes de este grupo fue el *Moeritherium*. Éste era un herbívoro que habitó África durante el Oligoceno, tenía molares pequeños y colmillos rudimentarios, su labio superior se parecía a lo que posteriormente fue la trompa de los elefantes. Los incisivos se extendieron en largos colmillos, algunos de los proboscéidos, especialmente los mastodontes, tenían dos pares. El *Phiomia*, un mastodonte del Oligoceno, del tamaño de un caballo, tenía trompa pequeña, molares de grandes coronas, colmillos superiores pequeños y un par de colmillos con forma de pala en su mandíbula inferior. El *Gomphotherium* del Mioceno poseía colmillos arriba y abajo, de igual tamaño. Entre los proboscéidos posteriores, se encuentra el *Stegodon*, del Plioceno, un tipo de mamut de 7 metros de longitud, que poseía colmillos superiores, de tres metros de longitud, y de uno a tres enormes molares en cada mandíbula. Los elefantes fósiles más antiguos que se conocen datan de 5 millones de años y fueron encontrados en África. Los mamuts aparecieron antes, y uno de los más famosos elefantes, ya extinguido, es el mamut lanudo, que tenía un grueso abrigo aislante de pieles adaptado para las condiciones climáticas extremas de las glaciaciones del Pleistoceno (hace 2 millones a 10.000 años). Una de las teorías referente a su desaparición es que fueron cazados hasta extinguirlos por los primeros seres humanos.

EVOLUCIÓN DE CRÁNEOS Y COLMILLOS DE LOS PRIMEROS PROBOSCÉIDOS



EJEMPLOS DE PROBOSCÍDEOS



Colmillos de 3 metros de longitud

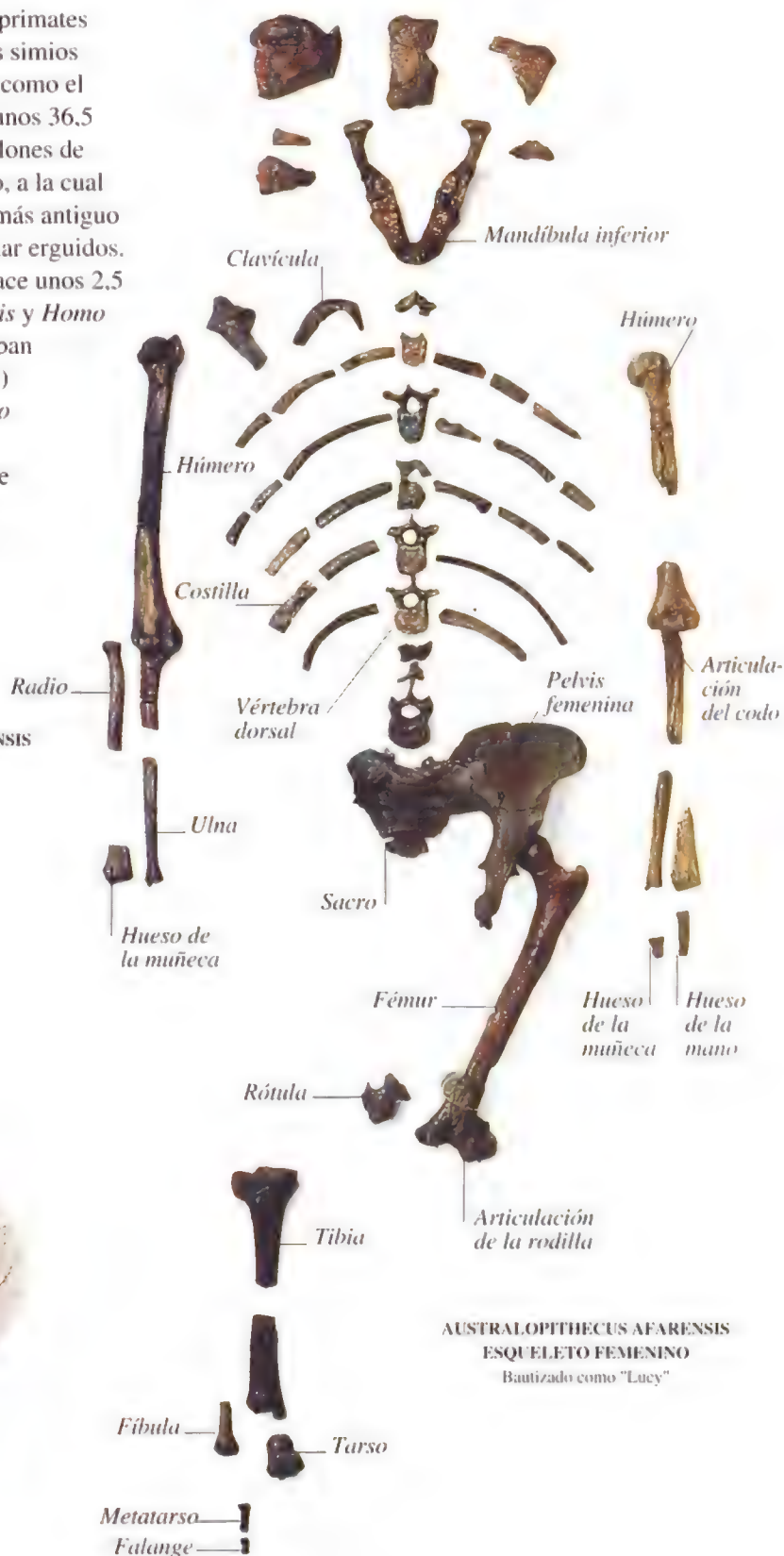
Primates

EL HOMBRE, LOS MONOS, LOS MICOS Y LOS PROSIMIOS son primates -animales ágiles adaptados para vivir en los árboles. Tanto los simios como los primeros monos surgieron a partir de criaturas tales como el *Aegyptopithecus*, que vivió en el Oligoceno Temprano, hace unos 36.5 millones de años. Durante el Mioceno Tardío, hace casi 6 millones de años, los primeros simios dieron origen a la familia Homínido, a la cual pertenece el Hombre. Los homínidos, cuyo género conocido más antiguo es el *Australopithecus*, fueron los primeros primates en caminar erguidos. El género *Homo* (humano) evolucionó durante el Plioceno (hace unos 2.5 millones de años). Sus primeros exponentes (*Homo rudolfensis* y *Homo habilis*) eran de menor estatura que el hombre actual y utilizaban toscos utensilios de piedra. El *Homo erectus* (hombre erguido) apareció hace unos 1.8 millones de años, y dio origen al *Homo sapiens* hace unos 500.000 años. Entre éstos se incluye al Hombre de Neanderthal y a los hombres modernos. El hombre neandertalense vivió hace 200.000 a 30.000 años, abarcando por lo menos dos de las glaciaciones del Plioceno. El hombre moderno se desarrolló en África hace unos 100.000 años. Colonizó gran parte del mundo con sus métodos avanzados de caza y llevó al Hombre de Neanderthal a la extinción hace unos 30.000 años.

MAQUETA DE AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS
Altura del macho: 1,45 m

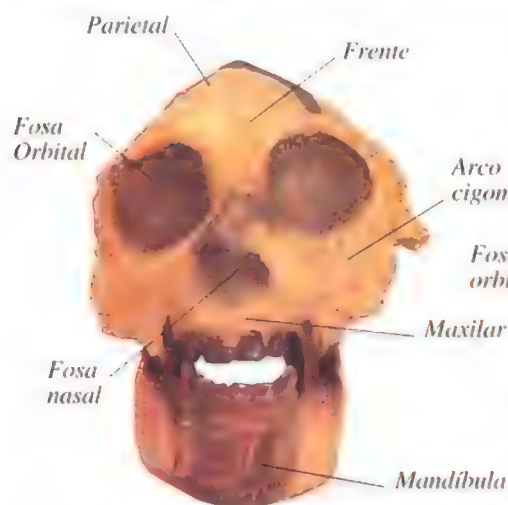


HOMÍNIDO DEL PLIOCENO
(*Australopithecus afarensis*)
3,18 millones de años

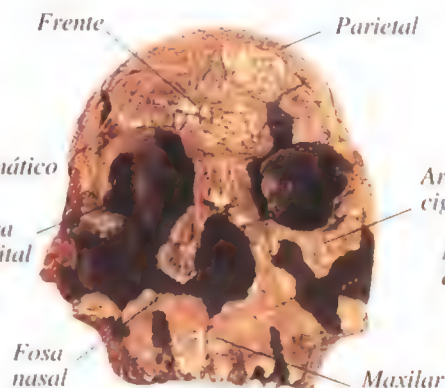


AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS
ESQUELETO FEMENINO
Bautizado como "Lucy"

EVOLUCIÓN DE CRÁNEOS DE PRIMATES

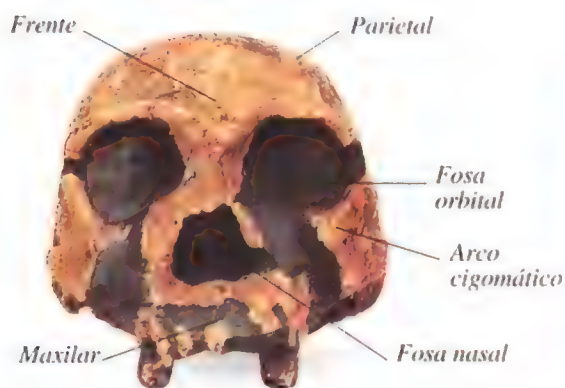


PRIMATE DEL OLIGOCENO TEMPRANO
(*Aegyptopithecus* sp.)
Hace 36,5 millones de años



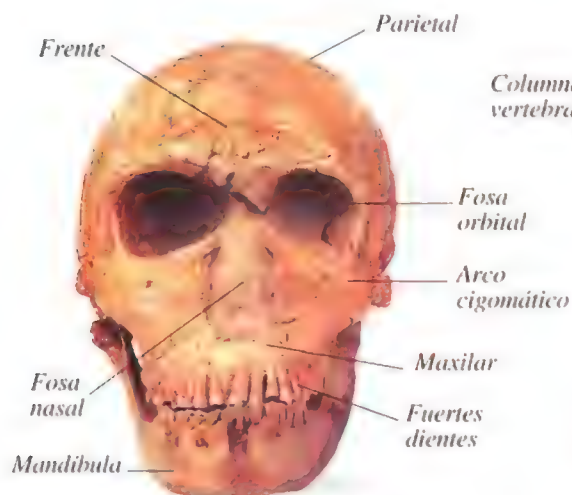
HOMÍNIDO DEL PLIOCENO
(*Homo rudolfensis*)
2,3 millones de años

MAQUETA DE HOMÍNIDO DEL PLEISTOCENO (*Homo habilis*); altura: 1,5 m 2 - 1,5 millones de años



HOMÍNIDO DEL PLEISTOCENO
(*Homo erectus*)
1,8 millón de años

ENTIERRO NEANDERTALENSE. ISRAEL.



HOMÍNIDO DEL PLEISTOCENO
(*Homo sapiens neanderthalensis*)
100.000 años

Cronograma: animales

LOS PRIMEROS ANIMALES APARECIERON en la Era Precámbrica, evolucionando a partir de los protistas de tipo animal (organismos unicelulares con núcleo). Durante el Eón Panerozoico (hace 550 millones de años) surgieron y se diseminaron los primeros grupos animales, algunos de ellos ya extinguidos. Actualmente son los insectos el grupo más diverso de animales y representan por lo menos tres cuartas partes de todas las especies vivientes. Sobrepasan con creces a los mamíferos, que son considerados el grupo animal dominante de los tiempos modernos. Este cronograma muestra alguno de los principales grupos de animales a través del tiempo geológico y su relación entre sí. Los colores de las franjas reflejan la abundante gama de animales en estos grupos. Los colores de las franjas corresponden a un filium, unidad de clasificación de animales. Los cambios abruptos, en que la franja se empequeñece considerablemente, muestra los procesos de extinción más importantes en la historia del Reino Animal, que sucedieron hacia fines de los períodos Pérmico y Cretácico. En cada uno de estos procesos, se extinguieron miles de animales.

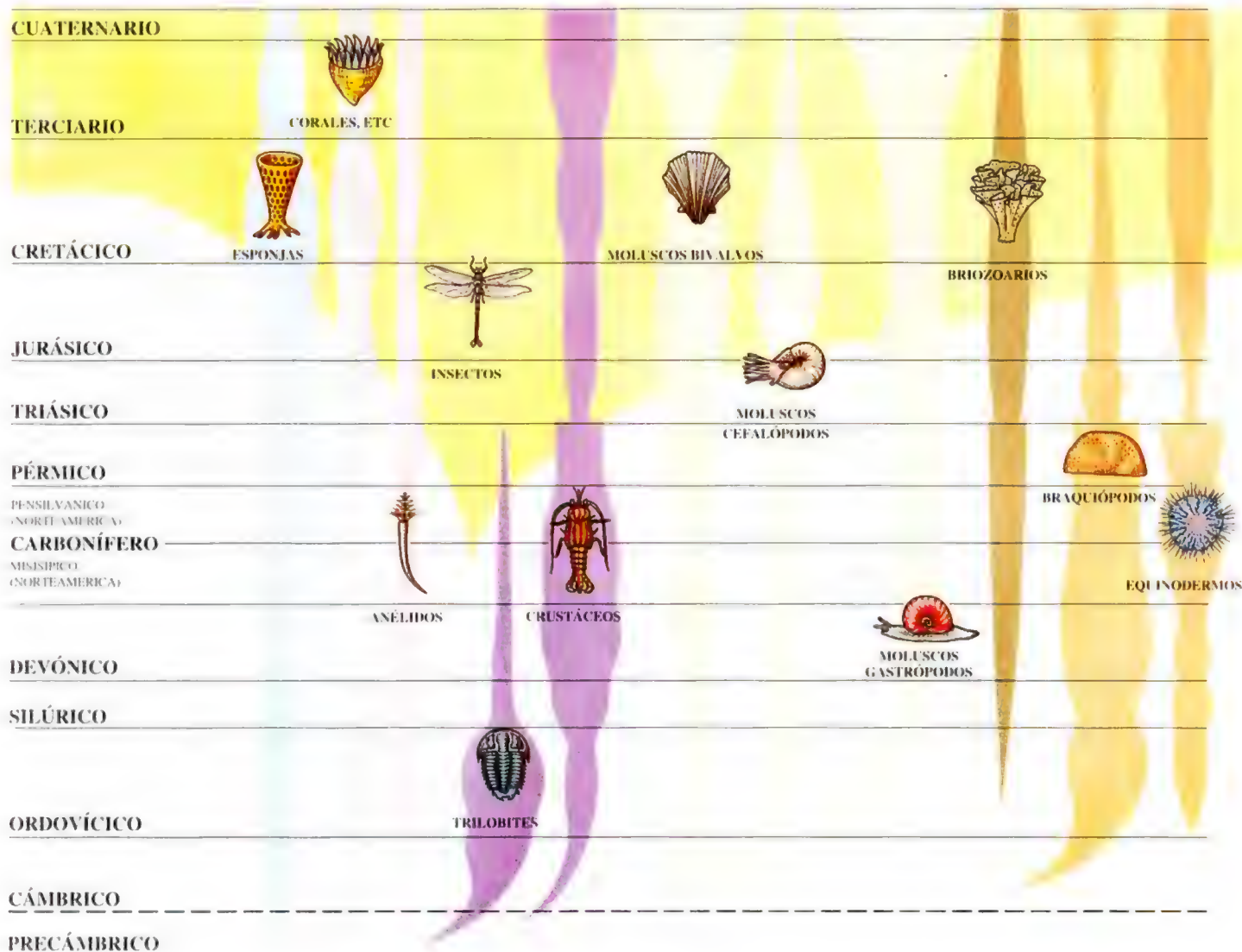
CLAVE

INVERTEBRADOS

-  ESPONJAS
-  CORALES, ETC.
-  ANÉLIDOS
-  ARTRÓPODOS
-  MOLUSCOS
-  BRIOZOARIOS
-  BRAQUIÓPODOS
-  EQUINODERMOS
-  HEMICORDADOS

VERTEBRADOS

-  CORDADOS



EJEMPLOS DE FORMAS DE VIDA EXTINGUIDAS

**TRILOBITES**

Tipo de artrópodo que habitó en mares poco profundos, desde el Período Cámbrico hasta el Período Pérmico.

**GRAPTOLITO**

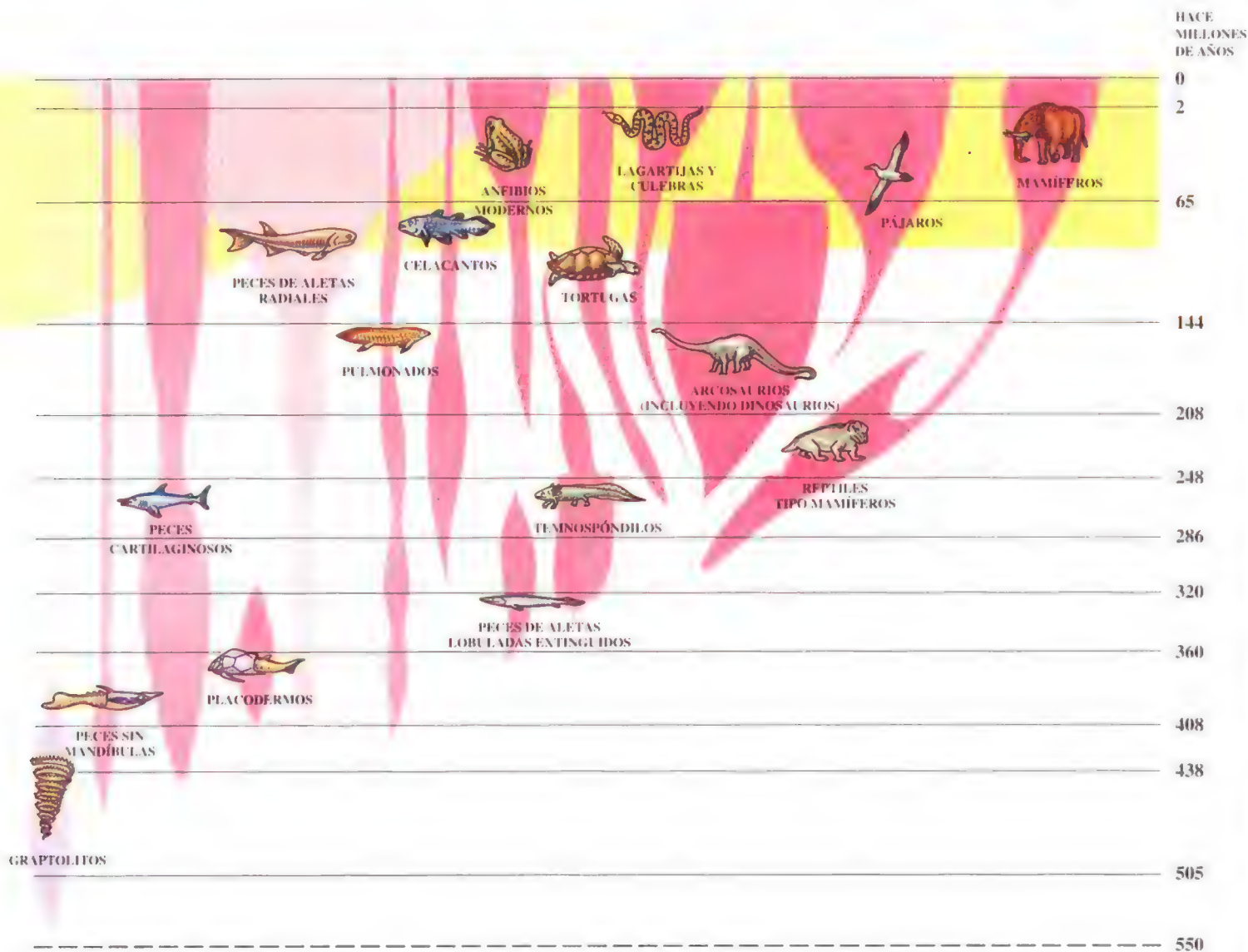
Organismos marinos que formaban colonias, a veces en forma de espiral. Vivieron desde el Período Cámbrico hasta el Carbonífero.

**PECES SIN MANDÍBULAS**

Estos peces, junto a los 32 tipos de lampreas y peces diablo, desaparecieron hacia fines del Período Devónico.

**ESCORPIÓN MARINO**

Los escorpiones marinos fue un grupo de artrópodos, algunos alcanzaron la talla de un hombre; se extinguieron durante la Era Paleozoica.

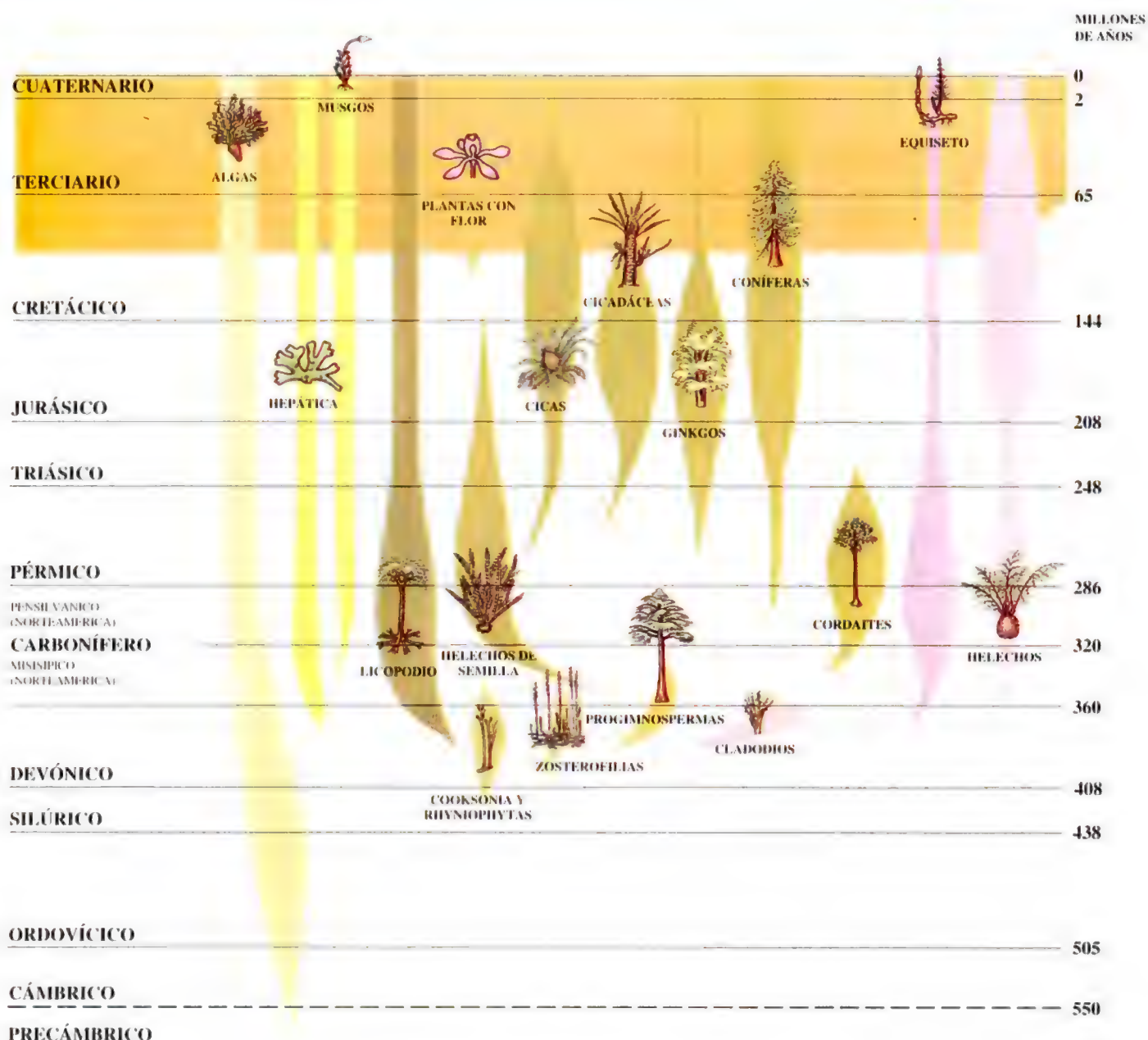


Cronograma: plantas

LA HISTORIA DEL REINO DE LAS PLANTAS COMIENZA con las algas precámbricas y culmina en nuestros días con la gran difusión de las plantas con flores, después de haber sufrido una gran diversificación a mediados del Cretácico, hace unos 100 millones de años. Este cronograma muestra el cambiante esquema del mundo de las plantas, tanto en sus orígenes como en su extinción. El ancho de las franjas de color señala la importancia de cada grupo en la flora del mundo. La unidad básica de clasificación de las plantas es la división, y en general, cada color representa una división. La única excepción es el color único, que corresponde a las algas, en las cuales existen muchas divisiones. Las algas no están mostradas a escala porque muchos expertos no las consideran plantas, sino protistas (organismos unicelulares con núcleo), o bien colonias de protistas.

CLAVE

- ALGAS
- BRIÓFITAS
- PRIMERAS PLANTAS TERRESTRES
- LICOPODIOS
- CLADODIOS
- EQUISETOS
- HELECHOS
- PROGIMNOSPERMAS
- GIMNOSPERMAS
- PLANTAS CON FLORES



Tierra

A

Abanico aluvial, 34
 Abrasion
 Glaciares, 38
 Meteorización y erosión, 14
 Acanalado desprendido, 47
 Acanalado marino, 46-47
 El curso del río, 43
 Acanalado sobre un río
 El curso del río, 42
 Etapas (fases) de los ríos, 41
 Acanalados
 Etapas (fases) de los ríos, 41
 Líneas de costa, 46-47
 Rocas sedimentarias, 28-29
 Acares glaciarios, 38
 Líneas de costa, 46
 Acción de las raíces, 34
 Acción de los animales, 34
 Acción del viento, 34
 Acido carbónico, 36
 Acido humico, 36
 Aconagua
 Continentes, 56
 Acrotethis, 30
 Actinio, 58
 Actividad sísmica, 12
 Actividad volcánica
 Ciclo de la roca, 20
 Zonas de mineralización, 32
 Actinólito o capa confinante, 44
 Acuífero, 44, 59
 Acuífero, 33
 Afluente
 Líneas de costa, 47
 Ríos, 40
 África, 8-9, 56-57
 El Gran Rift Valley, 14
 Agua
 Ciclo hidrológico, 40
 Océanos y mares, 48
 Perfil de la Tierra, 56
 El planeta Tierra, 6
 Agua caliente, 19
 Agua de lluvia
 Cuevas, 36
 Meteorización y erosión, 34
 Agua del fondo polar, 48
 Agua del mar
 Contenido salino, 48
 Agua originaria de la fusión de
 nieve o glaciares
 Etapas (fases) de un río, 41
 Glaciares, 39
 Agua subterránea, 44-45, 59
 Estructura volcánica, 19
 Formación de un lago, 44
 Ríos, 40
 Aguja (picacho), 38-39
 Aire
 Atmósfera, 52
 Océanos y mares, 48
 Tiempo meteorológico, 54-55
 Aire ascendente
 Circulación atmosférica y
 vientos, 52
 Precipitaciones, 54
 Aire cálido
 Circulación atmosférica y
 vientos, 52
 Tiempo meteorológico, 54-55
 Aire ecuatorial, 52
 Aire fresco, 54
 Aire frío, 52
 Aire seco, 55
 Aislamiento, 52
 Alelopatía, 30
 Alga cianofítica, 10
 Algas
 Evolución de la Tierra, 10
 Registro de los fósiles, 31
 Almodillas, 14-15
 Alpes, 9
 Altitud de la Tierra, 56
 Alotomul, 54
 Altostratus, 54
 Alud, 39
 Aluminio
 Composición de la Tierra, 7
 Corteza terrestre, 12
 Elementos químicos, 58
 Aluvión seco, 35
 América del Norte, 8, 56-57
 Montes Apalaches, 16

América del Sur, 8, 56-57
 Americio, 58
 Ammonites, 30-31
 Anatomía de un terremoto, 17
 Andes, 8
 Andesita porfídica, 27
 Anfíbios, 30
 Evolución de la Tierra, 10
 Registro de los fósiles, 31
 Anfíbol, 27
 Angara, 13
 Angiospermas, 31
 Animales, 10
 Animales multicelulares de cuerpo
 blando, 10
 Annapurna
 Montañas, 57
 Antártida, 8-9, 56-57
 Anticlinal, 14-15
 Anticlinorio, 15
 Antimonio, 58
 Minerales, 22
 Antracita, 32
 Apatito, 25
 Arcilla desecada, 35
 Arcilla ferruginosa fajeada, 29
 Arcilla impermeable, 44
 Arcilla pelágica, 51
 Arcillas, 50
 Arco, 47
 Arco erosionado, 35
 Arcos de las volcánicas, 12
 Archaeopteryx, 11
 Área de recarga, 44
 Áreas de altas presiones, 54-55
 Arena arrastrada por el viento, 34
 Arenisca, 28
 Arenisca carbonífera de la
 transición Wesfaliense-
 Dinantense, 14-15
 Arenisca dura (compacta), 35
 Arenisca Navajo, 28
 Arenisca permeable, 44
 Arenisca Roja, 29
 Areniscas Coconino, 28
 Areniscas Dakota, 28
 Areniscas Tapeats, 29
 Areniscas Temple Cap, 28
 Areniscas Wahweap, 28
 Argilita impermeable, 44
 Argón
 Composición atmosférica, 53
 Elementos químicos, 58
 Arista, 38-39
 Arrecife coralino
 Evolución de la Tierra, 10
 Fondo oceánico, 50
 Arrecife costero, 51
 Arrumbamiento, 14
 Arsénico
 Elementos químicos, 58
 Artesa, 34
 Artrópodos, 30
 Asia, 8-9, 56-57
 Formación de montañas, 16-17
 Astato
 Elementos químicos, 58
 Astenosfera, 52-53
 Atmósfera
 El planeta Tierra, 6-7
 Ríos, 40
 Atolón, 50-51
 Atolón sumergido, 51
 Aureola de metamorfismo, 26
 Aurora polar
 Atmósfera, 53
 Magnetosfera, 7
 Australia, 9
 Austria
 Cuevas, 57
 Aves
 Evolución de la Tierra, 11
 Registro de los fósiles, 31
 Axinita, 24
 Azufre
 Composición de la Tierra, 7
 Elementos químicos, 58
 Minerales, 22
 Azufre gasificado, 19

B

Bacterias, 10
 Bahía, 43, 47
 Bahía Glaciaria, 38

Bahía Hudson
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 8
 Océanos y mares, 56
 Bajada, 34
 Banda de siderita, 29
 Bario, 58
 Barita (Baritina), 24
 Delta del Mississippi, 43
 Etapas (fases) de los ríos, 41
 Barras de arena, 42
 Barrera de arrecifes, 51
 Barro puntual
 Accidentes (elementos)
 volcánicos, 19
 Rocas sedimentarias, 21
 Barros metalíferos, 51
 Basalto, 26-27, 59
 Batolitos, 26-27, 59
 Bauxita, 22
 Belmientes, 30-31
 Berilio, 58
 Berilo, 24
 Berkello, 58
 Bhagirathi Parbat, 16
 Bismuto, 33, 58
 Bivalvos, 30-31
 Bloque cúbico, 24
 Boj Bulok
 Cuevas, 57
 Borde de la roca
 Formación del circo, 39
 Ibón, 45
 Bordes de las placas
 Corteza terrestre, 13
 Localización de los volcanes,
 19
 Orogénesis, 16
 Borneo, 9
 Islas, 56
 Boro, 58
 Bosques formadores de carbón, 11
 Braquiópodos, 30-31
 Brasil
 Cascadas, 29
 Brecha, 28-29
 Briozos, 31
 Bromo, 58
 Buzamiento, 14
 C
 Cabecera del valle, 41
 Cabo, 46
 Cabo Royal, 29
 Cadenas de caliza, 36-37
 Cadmio, 58
 Calcedonia, 25
 Calcio
 Composición de la Tierra, 7
 Contenido salino del agua del
 mar, 48
 Corteza terrestre, 12
 Elementos químicos, 58
 Calcaíta (carbonato de calcio)
 Carbonatos, 23
 Cuevas, 36-37
 Escala de Mohs, 25
 Fósiles, 30
 Rocas sedimentarias, 29
 Calcaíta clara, 26
 Calcopirita dorada, 25
 Caldera, 59
 Estructura de las rocas ígneas,
 27
 Formación de un lago, 45
 Volcanes, 18
 Calentamiento del globo, 53
 Califormio, 58
 Caliza
 Cuevas, 36
 Pliegues y fallas, 14
 Caliza carbonífera inferior, 14
 Caliza conchifera, 21
 Caliza metamorfoseada, 26
 Caliza permeable
 Cuevas, 36-37
 Formación de un lago, 44
 Caliza porosa, 36
 Calizas Kaibab, 28
 Calizas Muav, 29
 Calizas Redwall, 29
 Calizas Temple Butte, 29
 Calor
 Calentamiento del globo, 52-53
 Rocas ígneas y metamórficas,
 26
 Calor re-radiado, 52-53
 Cambio químico

Recursos minerales, 32-33
 Cambios climáticos
 Líneas de costa, 46
 Tiempo geológico, 10
 Cambios de temperatura
 Atmósfera, 53
 Meteorización y erosión, 34
 Océanos y mares, 48
 Campo magnético, 6-7
 Campo magnético terrestre, 6-7
 Campos de nódulos, 51
 Canadá, 56-57
 Cangrejo, 31
 Cañon Bryce, 28
 Cañon submarino, 50
 Cañon Zion, 28
 Cañones
 Meteorización y erosión, 34-35
 Rocas sedimentarias, 28-29
 Capa de gases, 52
 Capa de ozono, 52
 Capas de roca
 Cuevas, 36
 Pliegues y fallas, 14
 Capas terrestres, 6-7
 Captación de calor, 52
 Captura de un río, 40
 Características de los minerales,
 24-25
 Carbon
 Evolución de la Tierra, 11
 Recursos minerales, 32-33
 Rocas sedimentarias, 28
 Carbón bituminoso, 32
 Carbonatos, 23
 Carbonífera Superior, 15
 Carbono, 58
 Formación del carbón, 32
 Minerales, 22
 Careaca, 41
 Carnalita, 25
 Carpatos, 9
 Cartografía cilíndrica, 8
 Cartografía cónica, 9
 Cartografía de la Tierra mediante
 satélite, 8-9
 Cascadas, 42, 57
 Ciclo de la roca, 21
 Glaciares, 38
 Ríos, 41
 Casquete glacial, 39
 Cataratas Boyoma
 Cascadas, 57
 Cataratas Churchill
 Cascadas, 57
 Cataratas de Quenyan
 Cascadas, 57
 Cataratas del Ángel
 Cascadas, 57
 Cataratas del Iguaçu
 Cascadas, 57
 Cataratas del Niágara
 Cascadas, 57
 Cataratas Guaita
 Cascadas, 57
 Cataratas Khone
 Cascadas, 57
 Cataratas Pátos-Maribondo
 Cascadas, 57
 Cataratas Paulo Alfonso
 Cascadas, 57
 Cataratas Ribbon
 Cascadas, 57
 Cataratas Sutherland
 Cascadas, 57
 Cataratas Tugela
 Cascadas, 57
 Cataratas Urubupunga
 Cascadas, 57
 Cataratas Victoria
 Cascadas, 57
 Cataratas Yosemite
 Cascadas, 57
 Cauasos, 9
 Cavernas, 36-37
 Cefalópodos, 31
 Célula de bajas presiones, 54
 Célula de Hadley, 52
 Células de Ferrell, 52
 Células espirales de bajas
 presiones, 54
 Ceniza
 El ciclo de la roca, 20
 Orogénesis, 16
 Volcanes, 18-19
 Cenizas volcánicas, 18-19
 Ceno
 Elementos químicos, 58
 Cernada, 18
 Cerro testigo

Estructuras de las rocas
 ígneas, 26
 Meteorización y erosión, 35
 Cenusa, 23
 Cesio, 58
 Cianotritico, 23
 Cicadaceas, 31
 Ciclo del agua (hidrológico), 40-59
 Ciclón tropical, 54
 Ciclonos de latitudes medias, 54
 Cinabrio, 25
 Cinabrio negro rojizo, 25
 «Cinturón de Fuegos», 18
 Cinturón de radiación de Van
 Allen, 7
 Ciroes, 38-39
 Circulación atmosférica, 52
 Círculo (polar) Antártico, 9
 Corrientes superficiales, 49
 Sistema de coordenadas, 6
 Círculo (polar) Ártico, 9
 Corrientes superficiales, 49
 Sistema de coordenadas, 6
 Circunferencia ecuatorial
 Perfil de la Tierra, 56
 Circunferencia polar, 56
 Cirrocumulus, 54
 Cirros, 54-55
 Cirrostratus, 54
 Citrina naranja, 25
 Cizallor, 15
 Clima, 59
 Océanos y mares, 48
 Tiempo geológico, 10
 Tiempo meteorológico, 54
 Clims, 36-37
 Cloto, 58
 Cloruros, 48
 Clypeaster, 31
 Cobalto, 58
 Zonas de mineralización, 33
 Cobre, 58
 Minerales, 22
 Recursos minerales, 32-33
 Cobre dendrítico, 22
 Coladas de barro efervescente, 18
 Colina
 Volcanes activos, 57
 Colina aislada y de pendientes
 acentuadas, 35
 Colinas (de roca) redondeadas, 38
 Colinas aisladas, 38
 Colinas de arcilla, 38
 Colisión continental
 Corteza terrestre, 12
 Formación de montañas, 16-17
 Colombia
 Volcanes activos, 57
 Color, 24
 Columna, 36
 Columnas de Basalto, 26
 Combustibles fósiles, 32-33
 Composición atmosférica, 53
 Composición de la Tierra, 7
 Compresión
 El ciclo de la roca, 20
 Formación de montañas, 16
 Glaciares, 38
 Pliegues y fallas, 14
 Recursos minerales, 32
 Rocas ígneas y metamórficas,
 27
 Compuestos, 22
 Concha, 30
 Concha de ammonite, 21
 Conchas, 30
 Condiciones atmosféricas, 54
 Conducto (chimenea) principal
 El ciclo de la roca, 20
 Estructura de las rocas ígneas,
 27
 Estructura volcánica, 19
 Configuración de avenamiento
 centrípeta, 40
 Configuración de avenamiento
 dendrítico, 40
 Configuración de avenamiento
 descompuesta, 40
 Configuración de avenamiento
 en espaldada, 40
 Configuración radial de
 avenamiento, 40
 Configuración rectangular de
 avenamiento, 40
 Coníferas
 Evolución de la Tierra, 11
 Registro de los fósiles, 31
 Cono (volcánico) de cenizas
 Estructura de las rocas ígneas,
 26

Estructura volcánica, 19
 Cono aluvial o de deyección, 34
 Cono parasito, 18-19
 Conos
 Rocas ígneas y metamórficas,
 26
 Volcanes, 18-19
 Conos llanos (lisos), 18
 Conos volcánicos compuestos, 18
 Continentes, 8-9, 10, 56
 Contornos de carbono orgánico, 30
 Contracorriente ecuatorial, 48-49
 Cooksonia, 10
 Copos de nieve, 54
 Coral
 Desarrollo de un atolón, 51
 El registro de los fósiles, 31
 Cordillera angular, 47
 Cordillera asimétrica, 35
 Cordillera de plegamiento, 26
 Cordillera pronunciada, 35
 Cordilleras, 38-39
 Corteza terrestre, 13
 Elementos físicos de la Tierra, 8
 Fondo oceánico, 50
 Orogénesis, 16
 Pliegues y fallas, 14
 Rocas ígneas y metamórficas,
 26
 Tiempo geológico, 10
 Cordon litoral, 46
 Corindon, 25
 Cornubianitas quistolíticas, 27
 Corona, 52
 Corriente circumpolar antártica,
 48
 Corriente de Agulhas, 49
 Corriente de agua de fusión de
 nieve, 38
 Corriente de agua líquida dentro
 de un glaciar, 38
 Corriente de alta mar, 49
 Corriente de Benguela, 49
 Corriente de Brasil, 48
 Corriente de Canarias, 48
 Corriente de Falkland, 48
 Corriente de Florida, 48
 Corriente de Humboldt, 48
 Corriente de Kuroshio, 49
 Corriente de Oyashio, 49
 Corriente de partículas
 eléctricamente cargadas, 7
 Corriente del Atlántico Norte, 48
 Corriente del este de Australia, 49
 Corriente del este de
 Groenlandia, 48
 Corriente del Golfo, 48
 Corriente del Perú, 48
 Corriente ecuatorial, 49
 Corriente litoral, 44
 Corriente litoral, 46-47, 59
 Corriente marina emergente de
 agua fría, 48
 Corriente polar, 52
 Corriente polar de los niveles
 altos, 52
 Corriente post-glacial, 38
 Corriente subglacial, 39
 Corriente submarina, 49
 Corriente subterránea, 36-37
 Corriente subecuatorial, 48-49
 Corriente tributaria, 41
 Corrientes, 48-49
 Corrientes de convección, 6-7
 Corrientes de la superficie
 oceánica, 48
 Corrientes de marea
 Fondo oceánico, 50
 Océanos y mares, 48-49
 Corrientes de superficie, 36
 Corrientes del norte del Pacífico,
 48
 Corrientes oceánicas, 48-49
 Corrientes superficiales (de la
 superficie), 48-49
 Corrientes verticales de aire, 54
 Corriente del oeste de Australia,
 49
 Corriente Noro-Ecuatorial, 48-49
 Corrimiento, 15
 Corteza, 6-7
 Fondo oceánico, 50
 Metamorfismo regional, 26
 Corteza continental
 Corteza terrestre, 12
 Fondo oceánico, 50
 Formación de montañas, 16-17
 Perfil de la Tierra, 56
 Zonas de mineralización, 33
 Corteza de silicatos, 7

Corteza oceánica
Fondo oceánico, 50
Movimiento de placas, 12
Orogensis, 16-17
Perfil de la Tierra, 56
Zonas de mineralización, 33
Corteza terrestre, 12-13
El planeta Tierra, 6
Formación de un lago, 44
Rocas ígneas y metamórficas, 26
Volcanes, 18
Cortina de Calcuta, 37
Cotopaxi
Volcanes activos, 57
Cráter hundido, 45
Cráter volcánico, 18
Crecimiento de las raíces de un árbol, 34
Cresta (cima), 14
Cresta (Tiza), 29
Cristal bipiramidal, 24
Cristal cúbico, 24
Cristal de halita, 29
Cristal de una roca, 25
Cristal gris claro, 25
Cristal translúcido, 25
Cristal vítreo transparente, 35
Cristales, 59
Características de los minerales, 24-25
Fallas, 14
Minerales, 22-23
Rocas ígneas intrusivas, 27
Cristales de hielo, 54
Crocoíta marrón-rojiza, 25
Crocoíta, 25
Cromo
Elementos químicos, 58
Zona de mineralización, 33
Crusafontia, 10
Crustáceos, 31
Cuarcitas Shinumo, 29
Cuarzo
Color, 25
Óxidos/Hidróxidos, 22
Rocas metamórficas, 21
Cuarzo ahumado, 22
Cuarzo lechoso, 25
Óxidos/Hidróxidos, 22
Cuarzo rosa, 25
Cuenca artesiana, 44, 59
Cuenca fluvial, 41
Cuenca llana y endorreica, 34
Cuenca rellena de aluviones, 34
Cueva inicial, 37
Cueva Jewel, 57
Cueva marina, 47
Cuevas, 36-37, 38, 46-47, 57
Cumulonimbos, 54
Cumulos, 54
Cúpula de exfoliación, 34
Cúpula salina impermeable, 33
Curio, 58
Curso de aguas glaciáricas, 38
Curso de un río, 40

CH

Chang Jiang, 9
Chile
Volcanes activos, 57
Cho Oyu
Montañas, 57
Chorro de agua caliente, 19

D

Datos sobre la Tierra, 56-58
Deformaciones de la roca, 14-15
Delta del Kame, 38
Delta del Mississippi, 42-43
Delta del río Ganges, 40
Deltas, 42
El ciclo de la roca, 20-21
Líneas de costa, 46
Ríos, 40-41
Denali, 56
Densidad del agua, 48
Deposición de materiales orgánicos, 33
Deposito de gas, 32
Deposito de placer, 32
Deposito magmático
Estructuras de las rocas ígneas, 27
Estructura volcánica, 19
Depósitos arenosos, 50
Depositos calcáreos de bordes, 36-37
Depósitos de carbón, 32
Depositos de sedimentos originarios de la fusión de nieve, 39
Depositos glaciares, 38-39
Formación de un lago, 44-45
Depositos litorales, 46
Depositos petrolíferos, 33
Depositos ricos en minerales, 50
Depositos superficiales, 19
Depresiones, 54
Deriva continental, 12-13, 59
Derrubios
Formación de montañas, 16
Glaciares, 38-39
Derrubios de ladera, 34-35
Desarrollo de un sistema de cuevas, 37
Descomposición, 30
Desembocadura del río, 47
Desertificación temprana, 11
Desierto Australiano, 9, 57
Desierto de Arabia, 9, 57
Desierto de Atacama, 8
Desierto de Chihuahua, 9, 57
Desierto de Gobi, 9, 57
Desierto de Namibia, 9, 57
Desierto de Sonora, 8
Desierto del Kalahari, 9, 57
Desierto del Thar, 9, 57
Desierto Pintado, 29
Desierto Takla Makan, 9, 57
Desiertos, 59
El ciclo de la roca, 20
Elementos físicos de la Tierra, 8-9
Meteorización y erosión, 34-35
Dhaulagiri
Montañas, 57
Diaclasa
Cuevas, 36-37
Líneas de costa, 47
Meteorización y erosión, 34
Pliegues y fallas, 15
Diamante, 22, 24-25
Diamante blando, 22
Díametro ecuatorial
Perfil de la Tierra, 56
Díametro polar, 56
Dicyothyris, 30
Dinosaurios, 10-11, 31
Dintel, 47
Díóxido de carbono, 52
Dique
El curso del río, 42-43
Etapas (fases) de un río, 41
Dique anular o circular, 26
Dique concordante, 29
Dique cónico, 26
Diques, 26
Diques concordantes, 26
Disconformidad o discordancia erosiva, 28
Discontinuidad de Gutenberg, 7, 59
Discontinuidad de Mohorovicic, 7, 59
Discordancia angular, 28
Discordancia igneo-sedimentaria, 28
Discordancias, 28, 59
Disposición anular de avenamiento, 40
Disproiso, 58
Distribución del agua, 8
Distributivo
El curso del río, 42-43
Ríos, 40-41
Divisoria de avenamientos fluviales, 41
Dolina, 36-37
Domo estalagmítico, 36
Dorsales oceánicas, 12
Fondo oceánico, 50-51
Zonas de mineralización, 33
Drakensberg, 9
Drumlins, 38
Duna Barkhan, 35
Duna en cruz, 35
Duna en forma de media luna, 35
Dunas de arena
El ciclo de la roca, 21
Meteorización y erosión, 34-35
Dunas paralelas, 35
Duración de un año
Perfil de la Tierra, 56
Duración de un día
Perfil de la Tierra, 56
Dureza, 24-25

E

Ecuador
Atmósfera, 52
Cartografía de la Tierra mediante satélites, 9
Corrientes superficiales, 49
Sistema de coordenadas, 6
Volcanes activos, 57
Edad de la Tierra, 56
Efecto (fuerza) centrífugo, 49
Efecto invernadero, 52-53, 59
Einstenio, 58
Ejes de los polos magnéticos, 7
Ejes del polo geográfico, 7
El ciclo de la roca, 20-21, 59
El Gran Rift Valley, 14
El planeta Tierra, 6-7
Elementos, 59
Corteza terrestre, 12
Elementos químicos, 58
Minerales, 22
Elementos corticales (de la corteza), 12
Elementos de deposición de las líneas de costa, 46
Elementos de regiones volcánicas, 19
Elementos de una ola, 46
Elementos físicos, 8-9
Elementos físicos de la Tierra, 8-9
Elementos nativos, 22
Elementos químicos, 58
Eliminación de superficie de tierra, 34
El'brus
Continentes, 56
Enjambre de diques, 26
Entrada (estrecho), 47
Eón, 59
Escala de tiempo geológico, 10-11
Registro de los fósiles, 31
Eón Phanerozoico, 31
Eón Proterozoico, 31
Epícentro, 17, 58-59
Epidota, 23
Epoca, 59
Escala de tiempo geológico, 10-11
Registro de los fósiles, 31
Épocas glaciares, 10
Equinodermos, 31
Equisetos, 31
Era, 59
Escala de tiempo geológico, 10-11
Registro de los fósiles, 31
Era Cenozoica
Escala de tiempo geológico, 11
Registro de los fósiles, 31
Era Mesozoica
Escala de tiempo geológico, 11
Registro de los fósiles, 31
Era Paleozoica
Escala de tiempo geológico, 10-11
Registro de los fósiles, 31
Era Precámbrica
Escala de tiempo geológico, 10
Registro de los fósiles, 31
Erbio
Elementos químicos, 58
Erosión, 34-35, 59
El ciclo de la roca, 21
El curso del río, 42-43
Fondo oceánico, 50
Formación de un lago, 45
Líneas de costa, 46-47
Rocas sedimentarias, 28
Erosión de la roca, 34
Erosión de las olas, 46
Erosión del fondo del valle, 21
Erosión del viento
Líneas de costa, 46
Meteorización y erosión, 34-35
Erosión lateral
El curso del río, 42
Ríos, 40
Erosión por corrientes de marea, 50
Erosión por las heladas, 39
Erosión por lluvia, 46
Erosión remontante, 42
Erráticos, 38
Erráticos suspendidos, 38
Erupción volcánica, 26
Erupciones de ceniza, 18
Erupciones de lava, 18
Erupciones no explosivas, 18
Erupciones violentas, 18
Escala de Beaufort, 58
Escala de Mohs, 24-25, 59
Escala de Richter, 58
Escandio
Elementos químicos, 58
Escorias, 19
Escorpión, 30
Esker, 38
Espacio, 52-53
España
Cuevas, 57
Esparcimiento del fondo del mar, 59
Especularita (hematites especulares), 22
Espiral de Ekman, 48-49
Espolón, 43
Espolón arenoso, 47
Espolón entrelazándose, 41
Esponjas, 31
Esquisto (pizarra) de mica granate, 21
Esquisto, 26
Esquisto plegado, 26
Estación seca, 45
Estados Unidos de América, 57-58
Gran Cañón, 28
Estalactitas, 36-37
Estalagmitas, 36-37
Estatu
Elementos químicos, 58
Zonas de mineralización, 33
Estero, 47
Estero de estuario, 47
Estratificación cruzada, 35
Estrato, 28, 59
Pliegues y fallas, 14-15
Rocas sedimentarias, 28
Estrato de calizas, 36
Estrato de roca plegada, 14-15
Estrato de rocas
Fósiles, 30
Pliegues y fallas, 14
Estrato horizontal, 15
Estrato inclinado, 14-15
Estrato primitivo, 35
Estratos (capas) superficiales, 45
Estratos secundarios o superiores, 35
Estratosfera, 52-53, 59
Estrellas, 6
Estroncio, 58
Estructura de un pliegue, 14
Estructura de la Tierra, 7
Estructura de un huracán, 55
Estructura de una falla, 14
Estructura volcánica, 19
Estructuras de las rocas ígneas, 26-27
Estuario
El curso del río, 42
Líneas de costa, 46
Ríos, 40
Etapas (fases) de un río, 40-41
Euroamérica, 13
Europa
Datos sobre la Tierra, 56
Elementos físicos de la Tierra, 8-9
Eutropio, 58
Everest, 51
Evolución
Evolución de la Tierra, 10-11
Seres vivos, 30
Evolución (desarrollo) de un río, 41
Evolución de la Tierra, 10-11
Excrementos fosilizados, 30
Exfoliación, 34
Exfoliación horizontal, 24
Exfoliación mineral, 24, 59
Exfoliación vertical, 24
Exosfera, 52, 59
Expansión de la corteza, 12
Explanada continental, 50
Extremo, 38

F

Falla cilíndrica, 15
Falla de cobijadura, 15
Falla de desgarre, 15
Falla de desplazamiento oblicuo, 15

Falla de San Andrés
Corteza terrestre, 12
Orogensis, 16-17
Falla en dirección dextral, 15
Falla en dirección sinistral, 15
Falla lateral, 15
Falla normal, 15
Falla rellena de mineral, 14-15
Falla Sevier, 28
Fallas, 14-15, 44, 59
Bolsas de gas y de petróleo, 33
Formación de Montañas, 16
Recursos minerales, 32
Fango, lodo, 50
Fango silíceo, 51
Farallón, 47
Feldespató, 21
Feldespató blanco, 27
Feldespató claro, 26
Feldespató plagioclasado, 27
Fermio, 58
Fiordos, 46-47
Fisuras, 18
Fisuras, 36
Flecha o espólon arenoso, 47
Flecha o espólon litoral, 43
Fluidez de un río, 42
Flujo de las mareas, 48
Fluor, 58
Fluorita, 25
Haluros, 23
Fluorita verde, 23
Focos, 17, 59
Foliación ondulada, 21
Fondo de la plataforma continental, 50
Fondo del mar
El curso del río, 42
Fondo oceánico, 50
Fósiles, 30
Ríos, 40
Fondo oceánico, 50-51
El ciclo de la roca, 20-21
Fondo profundo oceánico, 50
Foraminíferos, 31
Formación Bass, 29
Formación Carmel, 28
Formación Chinle, 28
Formación de la plataforma, 34
Formación de la Tierra, 10-11
Formación de montañas, 16-17
Evolución de la Tierra, 10
Formación de montañas de manera global, 10
Formación de un atolón, 51
Formación de un delta, 43
Formación de un depósito de gas, 11
Formación de un depósito petrolífero, 11
Formación de un desierto, 11
Formación de un farallón, 47
Formación de una cordillera, 12
Formación de una bolsa anticlinal, 33
Formación del circo, 39
Formación del gas, 32-33
Formación del petróleo, 32-33
Formación Dox, 29
Formación Kaiparowits, 28
Formación Kayenta, 28
Formación Moenave, 28
Formación Moenkopi, 28
Formación Torowear, 28
Formación Tropic, 28
Formación Wasatch, 28
Fosa, 59
Fosa de Filipinas, 56
Fosa de Galathea, 56
Fosa de Japón, 56
Fosa de las Marianas, 56
Fosa de Milwaukee, 56
Fosa de Puerto Rico, 56
Fosa del sur de Sandwich, 56
Fosa Kuril-Kamchatka, 56
Fosa Meteor, 56
Fosa Oceánica de Challenger, 56
Fosa Oceánica de Solomon/Nueva Bretaña, 56
Fosa subglaciaria Bentley, 56
Fosa Tonga-Kermadec, 56
Fosa Yap, 56
Fosas del Atlántico Oeste, 56
Fosas del oeste del Pacífico, 56
Fosas oceánicas
Accidentes del fondo marino, 51
Corrientes litorales, 48
Corteza terrestre, 12
Océanos y mares, 56
Fosas oceánicas del Atlántico Sur, 56
Fosas oceánicas del sur del Pacífico, 56
Fosas tectónicas (o Rift Valleys) Corteza terrestre, 12
Formación de un lago, 44-45
Fosfaturo, 23
Fosforo, 58
Fósiles, 30-31, 59
Fosilización, 30
Fractura, 24, 59
Fractura astillosa, 24
Fractura concordial
Fractura, 24
Rocas ígneas extrusivas, 29
Rocas sedimentarias, 29
Fractura de la roca, 14
Fractura de una pendiente, 14
Fractura dentada, 24
Fractura escalonada o en échelon, 14-15
Fractura mellada, 24
Fragmentos de lava, 18
Francia
Cuevas, 57
Francio, 58
Frente (corriente) subtropical, 52
Fluor, 52, 59
Frente cálido, 54-55
Frente del glaciar
Etapas de un río, 41
Glaciares, 38
Frente frío, 54-55
Frentes ocultos, 54-55
Frentes polares, 54
Fuente (manantial) montañosa, 40
Fuente de calizas, 44
Fuente de falla, 44
Fuente de valle, 44
Fuentes de agua caliente, 18
Fuerza de Coriolis, 59
Atmósfera, 52
Océanos y mares, 48-49
Fuerzas de atracción gravitacional, 48-49
Fumarolas, 18-19
Fusión, 34
G
Gabro
Rocas ígneas, 21
Rocas ígneas y metamórficas, 26
Gabro olivínico, 27
Gadolino, 58
Galaxia, 6
Galena, 22
Galería seca, 36-37
Galio, 58
Garganta
El curso de un río, 42
Cuevas, 36-37
Garganta de deflación, 35
Gamierita, 24
Gas, 32-33
Gases atmosféricos, 52
«Gases de invernadero», 53
Gases nobles
Elementos químicos, 58
Gasherbrum
Montañas, 57
Gastropodos, 31
Gavarnie
Cascadas, 57
Geiser
Extinguido, 27
Volcanes, 18-19
Geiser Horu, 18
Georgia
Cuevas, 57
Germanio, 58
Ginkgos, 31
Glaciar Anónimo (sin nombre)
Glaciares, 58
Glaciar Beardmore, 5
Glaciar de retroceso, 38
Glaciar Denman, 58
Glaciar en fundición
Etapas (fases) de un río, 41
Valle glaciario, 38
Glaciar Recovery, 58
Glaciar Slessor, 58
Glaciares, 38-39, 59
Datos de la Tierra, 58
El ciclo de la roca, 20-21
Etapas de un río, 41
Meteorización y erosión, 34
Globo, 8

- Golfo de México
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Océanos y mares, 56
Gondwana, 13
Graben, 15
Grafito, 22
Gran Bretaña
Islas, 56
Gran Cañón, 28-29
Evolución de la Tierra, 11
Gran Chaco, 8
Granate, 21
Grandes Lagos, 8
Grandes mamíferos, 11
Granito duro (compacto), 35
Granizo, 54
Grava silicea, 29
Gravas permeables, 44
Gravedad, 52
Océanos y mares, 48-49
Gray Cliffs, 28
Grieta en hielos o en glaciares, 39
Grieta ensanchada, 34
Grietas, 36-37
Grietas de disolución, 36
Grietas profundas, 36-37
Groenlandia
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Glaciares, 58
Islas, 56
Grupo Supai
Guadi, 35
Guallatiri
Volcanes activos, 57
Gusanos
Evolución de la Tierra, 10
Registro de los fósiles, 31
Guyot, 50
Gyre, 59
Gyre del Atlántico Norte, 48
Gyre del Atlántico Sur, 48
Gyre del norte del Pacífico, 48
Gyre del sur de la India, 49
Gyre del sur del Pacífico, 48
- H**
Hábito, 24-25, 59
Hábito botrioidal, 24-25
Hábito en forma de filamento
torsionado, 25
Hábito fibroso, 25
Hábito masivo, 24-25
Hábito prismático, 25
Hábito tabular, 25
Hafnio, 58
Halita Naranja
Haluros, 23
Rocas sedimentarias, 29
Haluros, 23
Halefintia, 27
Hamada, 34-35
Hanio, 58
Hawaii
Tiempo meteorológico, 58
Helecho con semillas, 30
Helechos, 31
Heleto Petermanns
Glaciares, 58
Helio
Elementos químicos, 58
Hematita parda, 25
Hematites
Elementos nativos, 22
Hematites o sideritas
arriñonadas, 22
Hemicyclaspis, 10
Hemisferio Norte, 48-49
Hemisferio Sur, 48-49
Hidrógeno
Elementos químicos, 58
Hidróxidos, 22
Hielo
Glaciares, 38-39
Meteorización y erosión, 34
Hielo flotante, 48
Hiero
Composición y estructura de
la Tierra, 7
Corteza terrestre, 12
Elementos químicos, 58
Hilo de sedimentos, 43
Himalaya
Elementos físicos de la Tierra,
8-9
Orogénesis, 16-17
Tiempo geológico, 10-11
Hogback (Drumlin), 35
- Holmio, 58
Holloch
Cuevas, 57
Homo Sapiens, 11
Houshu
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Islas, 56
Horst, 15
Huang He
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Ríos, 57
Huellas conservadas, 30
Huellas fosilizadas, 30
Huesos, 30
Humanos, 11
Humanos modernos, 11
Hundimiento del techo de la
cueva, 36-37
Huracán
Tiempo meteorológico, 54-55
- I**
Ibón, 45
Formación de un valle en U, 39
Ichthyostega, 10
Idocrasa, 24
Inclinación (buzamiento), 14
Inclinación axial, 56
Inclinación del plano de falla, 14
Incrustaciones de estructura
fungoidea, 36
India
Datos sobre la Tierra, 57-58
Orogénesis, 16-17
Indio, 58
Infiltración, 32
Insectos, 31
Interior de la Tierra
El ciclo de la roca, 20
El planeta Tierra, 6
Fondo oceánico, 50
Intusión ígnea, 26
Inundaciones, 42
Invertebrados con concha, 24
Invertebrados
Evolución de la Tierra, 10
Registro de los fósiles, 31
Iridio, 58
Isla Baffin
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Islas, 56
Isla Ellesmere
Islas, 56
Isla Victoria
Islas, 56
Isla volcánica, 51
Isoclinial, 15
Israel, 45
Ierbio
Elementos químicos, 58
Itrio
Elementos químicos, 58
- J**
Japón
Islas, 56
Jordán, 45
Júpiter, 6
- K**
K2
Montañas, 57
Kame, 38
Kangchenjunga
Montañas, 57
Kara Kum
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Desiertos, 57
Kettles, 38
Kilimanjaro
Continentes, 56
Kimberlita, 27
Klyuchevskaya Sopka
Volcanes activos, 57
Kriptón
Elementos químicos, 58
Kuncita, 25
- L**
Labio elevado, 14
Lac Assal
Continentes, 56
- Lacolito
Estructuras de las rocas
ígneas, 26-27
Estructura volcánica, 19
Lacolito cediforme, 26
Lado de barlovento, 35
Lago al borde de hielo, 38
Lago Baikal
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Lagos y mares interiores, 56
Lago de agua dulce
Lagos y aguas subterráneas, 44
Meteorización y erosión, 35
Lago de falla lateral, 45
Lago de falla rumbo-deslizante, 45
Lago de fosa, 45
Lago del Gran Oso
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Lagos y mares interiores, 56
Lago Erie, 8
Lago Eyre
Lago Graben, 45
Lago Hurón
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Lagos y mares interiores, 56
Lago Kettle, 45
Valle post-glaciario, 38
Lago Michigan
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Lagos y mares interiores, 56
Lago montañoso circular, 45
Lago montañoso, 40
Lago Nyasa
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Lagos y mares interiores, 56
Lago Ontario, 8
Lago Ribbon, 39
Lago semilunar (meandro
abandonado), 45
El curso del río, 42
Fases (etapas) de un río, 41
Lago Superior
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Lagos y mares interiores, 56
Lago Tanganyica
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Lagos y mares interiores, 56
Lago terminal, 38
Lago Victoria
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Lagos y mares interiores, 56
Lago volcánico, 45
Lagos, 44-45
El curso del río, 42
El ciclo de la roca, 20-21
Estructuras de las rocas
ígneas, 27
Fases (etapas) de los ríos, 41
Glaciares, 38-39
Lagos y mares interiores, 56
Meteorización y erosión, 35
Sistema de aguas
subterráneas, 45
Lagos naturales, 44
Lagos salados, 44
Laguna
El curso del río, 42-43
Desarrollo de un atolón, 51
Línea de costa, 46-47
Lamrechtsofen
Cuevas, 57
Lantano
Elementos químicos, 58
Laos
Cascadas, 57
Lapilli, 18
Lascar
Volcanes activos, 57
Latitudes templadas, 54
Lava
El ciclo de la roca, 20
Orogénesis, 16
Rocas ígneas y metamórficas,
26-27
Volcanes, 18-19
Lava almohadillada, 50
Lava basáltica, 18
Lava diacladada y solidificada, 44
Lava riolítica, 18
Lava solidificada
Formación de un lago, 44
Volcanes, 18-19
- Lava típica del Aa, 19
Lawrence
Lecho, 28, 59
Lecho competente, 15
Lecho de lago desecado, 35
Lecho del río, 41
Lecho incompetente, 15
Leonaspis, 31
Levantamiento de una montaña
bloque-falla, 16
Libia
Tiempo meteorológico, 58
Lignito, 32
Línea de arranque, 44
Línea de costa Dálmata, 47
Línea de costa de emersión, 46-47
Línea de costa de las zonas altas,
47
Línea de costa de tierras bajas, 47
Línea de costa de un fiordo, 74
Línea de costa Pacífica, 47
Línea de chamela, 14
Línea de falla
Formación de montañas, 16-17
Formación de un lago, 44
Meteorización y erosión, 35
Línea de la marea baja
Fondo de la plataforma
continental, 50
Líneas de costa, 46
Línea de latitud, 6
Línea de longitud, 6
Líneas de costa, 46-47
Cuevas, 36
Líneas de costa de inmersión,
46-47
Líneas de igual intensidad de
choque, 17
Líneas isostáticas, 17
Litificación, 20, 59
Litio, 58
Litrosfera, 12-13, 59
Localización de los volcanes, 19
Lodos calcáreos, 51
Lomo o cresta de la montaña, 47
Lopolito, 26
Luna, 48-49
Lutecio, 58
- LL**
LLanura abisal, 50
LLanura de inundación (aluvial)
El curso del río, 42-43
Etapas (fases) del río, 41
LLanura del Ganges, 17
LLanura fluvio-glaciaria, 38-39
Llovizna, 54
Lluvia, 54
Lluvia en espiral, 55
Lluvia torrencial, 54
- M**
Macizo de las Guayanas, 8
Madagascar
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Islas, 56
Magma, 59
Corteza terrestre, 12
El ciclo de la roca, 20
Fondo oceánico, 50-51
Orogénesis, 17
Rocas ígneas y metamórficas,
26
Volcanes, 18
Magnesio
Composición de la Tierra, 7
Contenido salino del agua del
mar, 48
Corteza terrestre, 12
Elementos químicos, 58
Magnetosfera, 6-7
Magnitud de un terremoto, 58
Magnolia, 11
Makalu
Montañas, 57
Mamíferos
Evolución de la Tierra, 10-11
Registro de los fósiles, 31
Manantial artesiano, 44
Manantial de lava, 19
El ciclo de la roca, 20
Metamorfismo de contacto,
26-27
Manantial mineral, 19
Manantiales, 44, 59
Manganeso, 58
Zonas de mineralización, 33
- Manto, 59
Corteza terrestre, 12-13
El planeta Tierra, 6-7
Metamorfismo regional, 26
Perfil de la Tierra, 56
Terremotos, 17
Mapa del tiempo, 55
Mar
El curso del río, 42-43
Estructura de un huracán, 55
Fósiles, 30
Mar de Aral
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Lagos y mares interiores, 56
Mar de Bering
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Océanos y mares, 56
Mar Caribe
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Océanos y mares, 56
Mar Caspio
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8
Océanos y mares, 56
Mar de Okhotsk
Océanos y mares, 56
Mar del este de China
Océanos y mares, 56
Mar del Japón
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Océanos y mares, 56
Mar del Norte
Océanos y mares, 56
Mar del sur de China
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Océanos y mares, 56
Mar Mediterráneo
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Océanos y mares, 56
Mar Muerto
Continentes, 56
Lagos y aguas subterráneas,
44-45
Mar Negro
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Océanos y mares, 56
Mar Rojo
Océanos y mares, 56
Mardalsfossen
Cascadas, 57
Marea muerta baja, 49
Mareas, 49, 59
Línea de costa, 46
Mareas altas, 48-49
Mareas bajas, 48-49
Mareas muertas, 48-49
Mareas vivas, 48-49
Mareas vivas altas, 48-49
Mares, 48-49
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Datos sobre la Tierra, 56
Ríos, 40
Rocas ígneas y metamórficas,
27
Mares interiores, 56
Marisma, 45
Marmita de gigante, 43
Etapas (fases) de un río, 41
Mármol, 26
Marte, 6
Masa de la Tierra, 56
Masas de aire, 48
Material vegetal, 32
Mato Grosso, 8
McKinley Mt.
Continentes, 56
Meandro encajado, 42
Meandros
El curso del río, 42
Ríos, 40-41
Médeno grande y alargado, 35
Médeno parabólico, 35
Médeno transversal, 35
Medusa
Evolución de la Tierra, 10
Registro de los fósiles, 31
Mendelevio, 58
Mercurio (metal)
Elementos químicos, 58
Zonas de mineralización, 33
Mercurio (planeta), 6
Meridiano de Greenwich
- Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 8-9
Corrientes superficiales, 48
Sistema de coordenadas, 6
Mesa
Estructura de las rocas ígneas,
27
Gran Cañón, 29
Meteorización y erosión, 34
Mesa Negra, 29
Mesa brasileña, 8
Mesa de cima plana
Estructuras de las rocas
ígneas, 27
Meteorización y erosión, 34
Mesa de lava basáltica, 18
Mesa del Kaibab, 29
Mesa del Tíbet, 17
Mesa Kaiparowits, 29
Mesetas, 28-29
Mesofera, 52, 59
Metales, 58
Metales alcalino térreos
Elementos químicos, 58
Metales alcalinos
Elementos químicos, 58
Metales de transición
Elementos químicos, 58
Metamorfismo de contacto, 26
Metamorfismo regional, 26
Meteoritos, 6
Meteorización, 34-35, 59
Ciclo de la roca, 20
Depósitos de minerales, 32
Rocas sedimentarias, 28
Meteorización en bloques, 44
Meteorización en cascadas de
cebollos, 34
Meteorización física, 34
Meteorización mecánica, 34
Meteorización por las heladas
Glaciares, 38-39
Meteorización y erosión, 34
Meteorización química, 34, 59
Meteorito, 53
México
Volcanes activos, 57
Mica
Características de los
minerales, 24
Rocas metamórficas, 26
Mica oscura, 26
Miembro Shinarump, 28
Mineral calcosilicico de color
verde, 27
Minerales, 22-23, 59
Características de los
minerales, 24-25
Fósiles, 30
Recursos minerales, 32-33
Minerales de alta densidad, 32
Miosaurios, 11
Molde, 30
Molibdeno, 58
Molibdenita argentífera, 25
Molybdates, 23
Mongefossen
Cascadas, 57
Monoclinial, 15
Montaña de plegamiento, 26
Montañas
Corteza terrestre, 12
Datos sobre la Tierra, 57
El ciclo de la roca, 21
Orogénesis, 16
Montañas bajo el agua (del
fondo marino), 50
Montañas Rocosas, 8
Montañas tabulares o de bloque,
16
Montañas volcánicas, 16
Monte Everest
Datos sobre la Tierra, 56-57
Elementos físicos de la Tierra, 8
Monte isla, 35
Monte submarino de cima plana,
50
Montes Apalaches
Cartografía de la Tierra
mediante satélites, 9
Orogénesis
Montes Atlas, 9
Montes submarinos, 50
Montes Urales, 9
Monzón del nordeste, 49
Morrena
Formación de un lago, 44-45
Glaciares, 38-39
Morrena de empuje, 38
Morrena endoglaciaria, 39

Morrena lateral, 38-39
 Morrena mediana
 Etiapas (fases) de un río, 41
 Glaciares, 38-39
 Morrena terminal
 Glaciares, 38-39
 Ríos, 41
 Morrena tributaria, 39
 Moscovita, 23
 Movimiento cortical (de la corteza)
 El ciclo de la roca, 20
 Formación de montañas, 16
 Líneas de costa, 46
 Zonas de mineralización, 32
 Movimiento horizontal, 14
 Movimiento oblicuo, 14
 Movimiento vertical
 Formación de un lago, 44
 Pliegues y fallas, 14
 Movimientos de placas
 Corteza terrestre, 12-13
 Orogénesis, 16-17
 Pliegues y fallas, 14

N

Nanga Parhat
 Montañas, 57
 Navajo Mt., 29
 Neis, 26
 Neodimio, 58
 Neón, 58
 Nepal
 Montañas, 57
 Neptunio, 58
 Neptuno, 6
 Neviza, 39
 Nieve
 Glaciares, 38-39
 Tiempo meteorológico, 54
 Nimbos, 54
 Niobio, 58
 Niquel, 58
 Composición y estructura de la Tierra, 7
 Elementos químicos, 58
 Zonas de mineralización, 33
 Niquel mellado, 24
 Nitrogeno
 Composición atmosférica, 53
 Elementos químicos, 58
 Nivel de condensación, 54
 Nivel de congelación, 54
 Nivel freático
 Formación de un lago, 44
 Sistema de cuevas, 36
 Nivel freático en temporada seca, 45
 Niveles de marea, 47
 No metales
 Elementos químicos, 58
 Nobelio, 58
 Noruega
 Cascadas, 57
 Novaya Zemlya
 Glaciares, 58
 Nube de gas, 10
 Nubes
 Atmósfera, 53
 El ciclo hidrológico, 40
 Tiempo meteorológico, 54-55
 Nubes de polvo
 Escala de tiempo geológico, 10
 Volcanes, 18
 Nubes en espiral, 54
 Nubosidad, 54
 Núcleo, 17, 59
 Núcleo externo
 El planeta Tierra, 6-7
 Perfil de la Tierra, 56
 Núcleo interno
 El planeta Tierra, 6-7
 Perfil de la Tierra, 56
 Nueva Guinea
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Islas, 56
 Nueva Zelanda
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Cascadas, 57
 Geiser Horu, 18
 Numboestratos, 54

O

Oasis, 35
 Oasis Fértil, 35
 Obsidiana, 27

Oceania
 Características físicas de la Tierra, 8-9
 Datos sobre la Tierra, 56-57
 Océano Antico
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Océanos y mares, 56
 Océano Atlántico
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Océanos y mares, 56
 Océano Índico
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Océanos y mares, 56
 Océano Pacífico
 Características físicas de la Tierra, 8-9
 Océanos y mares, 56
 Volcanes, 18
 Océanos, 48-49
 Atmósfera, 53
 Datos sobre la Tierra, 56
 Oclusión cálida, 54
 Oclusión fría, 54
 Ojo del huracán, 55
 Olas (ondas), 46, 50
 Olivino
 Rocas ígneas, 21
 Silicatos, 23
 Onda L, 17
 Ondas de choque, 17
 Ondas P, 17
 Ondas Rossby, 52
 Ondas S, 17
 Ónice, 22
 Opalo de fuego, 24
 Optimistichekaya
 Cuevas, 57
 Órbita terrestre, 49
 Organismos muertos, 30
 Organismos unicelulares, 10
 Origen de un río
 El curso del río, 42
 Ríos, 40
 Orillas de un río
 El curso del río, 42
 Etiapas (fases) de un río, 41
 Oro, 58
 Minerales, 22
 Recursos minerales, 32-33
 Oro dendrítico, 22
 Orogénesis, 16, 59
 Oropimente, 24-25
 Ortoclasa
 Escala de Mohs, 25
 Silicatos, 23
 Osmio, 58
 Óxido de hierro
 Rocas sedimentarias, 21, 29
 Óxidos, 22
 Oxígeno
 Composición atmosférica, 53
 Composición de la Tierra, 7
 Corteza terrestre, 12
 Elementos químicos, 58
 Ozmaya
 Cuevas, 57

P

Pahoehe, 18
 Pakistán
 Montañas, 57
 Paladio, 58
 Paleontología, 30
 Pamir, 9
 Pampa, 8
 Pangea, 12-13
 Pantano, 42-43, 45
 Pantano repleto de sedimentos, 43
 Paraguay
 Cascadas, 57
 Partículas de alta energía, 53
 Partículas de roca, 20-21
 Pasadizo de hielo del Instituto Antico
 Glaciares, 58
 Pasaje de hielo Lambert-Fisher
 Glaciares, 58
 Pasaje de hielo Nimrod-Lennox-King
 Glaciares, 58
 Pasos (pasajes), 36-37
 Pasta, 59
 Minerales, 22-23
 Pasta arenosa, 29
 Pasta de kimberlita, 22
 Pasta de limonita, 22-23

Pasta de roca, 23
 Pasta feldespática, 23
 Pasta salina, 29
 Patagonia, 8
 Pavimento de rocas, 34-35
 Pavlovia, 30
 Pedano lineal, 35
 Pedernal, 29
 Pedestal de roca, 34-35
 Pediculo, 40
 Pegmatita, 26-27
 Peninsular Valdez
 Continentes, 56
 Pequeños mamíferos, 10
 Perfil de la Tierra, 56
 Perfil del fondo marino, 51
 Períodos, 59
 — Cámbrico
 Escala de tiempo geológico, 10
 Registro de los fósiles, 31
 — Carbonífero
 Escala de tiempo geológico, 10-11
 Registro de los fósiles, 31
 — Cretácico
 Escala de tiempo geológico, 10
 Registro de los fósiles, 31
 — Eoceno
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Jurásico
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Mioceno
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Missisippio, 10
 Escala de tiempo geológico, 10-11
 Registro de los fósiles, 31
 — Oligoceno
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Ordovícico
 Escala de tiempo geológico, 10
 Registro de los fósiles, 31
 — Paleoceno
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Pensilvanico, 10
 — Permiano
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Pleistoceno
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Plioceno
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Silúrico
 Escala de tiempo geológico, 10
 Registro de los fósiles, 31
 — Terciario
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 — Triásico
 Escala de tiempo geológico, 11
 Registro de los fósiles, 31
 Períodos cálidos, 10
 Períodos glaciares, 10-11
 Perturbación en la marea, 49
 Peso específico, 56
 Petróleo, 32-33
 Pez, 31
 Piedra pómez, 27
 Pilar, 47
 Pink Cliffs, 28
 Pipe Spring, 28
 Pirineos, 9
 Piritas, 22
 Rocas ígneas intrusivas, 27
 Piritas de hierro, 24
 Piroclastos, 18, 59
 Pironofita, 23
 Piroxeno, 21
 Piscina de aguas de fusión de nieves, 38
 Piscinas de barro, 18-19
 Pizarra, 26
 Pizarra arcillosa
 Gran Cañón, 29
 Metamorfismo de contacto, 26
 Pizarra arcillosa impermeable, 44

Pizarra arcillosa
 metamorfoscada, 26
 Pizarra con piritas, 27
 Pizarras arcillosas Blihi Angel, 29
 Pizarras arcillosas Hakatai, 29
 Pizarras arcillosas Hermit, 28
 Placa africana, 13
 Placa anatolica, 13
 Placa antártica, 13
 Placa arábiga, 13
 Placa de Cocos, 13
 Placa de Filipinas, 13
 Placa de Nazca, 13
 Placa de Suramérica, 13
 Placa del Caribe, 13
 Placa del Pacífico, 13
 Placa euroasiática, 13
 Placa helénica, 13
 Placa indo-australiana, 13
 Placa norteamericana, 13
 Placas, 12-13
 Placas colindantes
 Corteza terrestre, 12
 Volcanes, 18
 Placas convergentes, 17
 Placas de deslizamiento, 12
 Placas geológicas, 13
 Formación de montañas, 16
 Pliegues y fallas, 14
 Volcanes, 18
 Placas semirrigidas, 12
 Planetas, 6
 Plano de deslizamiento, 35
 Plano de estratificación
 Líneas de costa, 46-47
 Sistema de cuevas, 37
 Plano de falla, 14
 Planta muerta
 Incrustaciones, 36
 Planta vascular, 31
 Plantas
 Evolución de la Tierra, 10
 Registro de los fósiles, 31
 Plantas con flores, 11
 Plantas marinas, 10
 Plantas terrestres, 10
 Plata
 Elementos químicos, 58
 Minerales, 22
 Raya (de un mineral), 25
 Recursos minerales, 32-33
 Plataforma continental
 El ciclo de la roca, 21
 Fondo oceánico, 50
 Plataforma de abrasión, 47
 Platino, 58
 Playa, 35
 Desarrollo de un río, 41
 Líneas de costa, 46-47
 Playa colgada, 47
 Playa de cantos, 47
 Playa de interior de bahía, 46
 Pliegues en Z, 15
 Pliegue acostado o tumbado, 15
 Pliegue anticlinal, 13
 Pliegue cóncavo, 14
 Pliegue en abanico, 15
 Pliegue en caja, 15
 Pliegue en forma de media luna, 15
 Pliegue monoclinal, 14
 Pliegue volcado, 15
 Pliegues, 14-15, 59
 Pliegues convexos, 14
 Plomo
 Elementos químicos, 58
 Minerales, 22
 Zonas de mineralización, 33
 Pluton, 6
 Plutonio, 58
 Pluviometría, 58
 Polo Norte
 Circulación atmosférica y vientos, 52
 Fuerza de Coriolis, 49
 Polo Norte geográfico, 6
 Polo Sur
 Circulación atmosférica y vientos, 52
 Fuerza de Coriolis, 49
 Polo Sur geográfico, 6
 Polonio, 58
 Polos
 Circulación atmosférica y vientos, 52
 Fuerza de Coriolis, 49
 Sistema de coordenadas, 6
 Potasio, 58
 Contenido salino del agua del mar, 48
 Corteza terrestre, 12

Pozo artesiano, 44
 Praseodimio, 58
 Precipicio rocoso, 36
 Precipitación, 59
 El ciclo hidrológico, 40
 Tiempo meteorológico, 54-55
 Presión
 Manifestaciones volcánicas, 19
 Recursos minerales, 32
 Rocas ígneas y metamórficas, 26
 Presión del aire, 55
 Primates, 31
 Prismas de roca, 15
 Profundidad oceánica, 56
 Prometeo, 58
 Protactinio, 58
 Proyección cartográfica, 8-9
 Proyección cenital, 9
 Puente natural, 42
 Puntos calientes, 50
 Purace
 Volcanes activos, 57

Q

Quelicerados, 31
 Quistolita, 27

R

Radiación, 6
 Radiación solar, 52-53
 Radiación solar ultravioleta, 52
 Radio, 58
 Radon, 58
 Rana, 30
 Rápidos
 El curso del río, 42
 Etiapas (fases) de un río, 41
 Raya (de un mineral), 24-25, 59
 Rayos cósmicos, 54
 Recursos minerales, 32-33
 Registro de los fósiles, 31
 Registro del tiempo meteorológico, 58
 Renio, 58
 Reptiles
 Evolución de la Tierra, 11
 Registro de los fósiles, 31
 Reptiles marinos, 11
 Resaca, 46
 Reseau Jean Bernard
 «Cuevas, 57
 Restos animales
 Fósiles, 30
 Rocas sedimentarias, 28
 Restos conservados, 30
 Restos de criaturas marinas, 50
 Restos de un farallón, 47
 Restos orgánicos
 Formación del gas y del petróleo, 32
 Rocas sedimentarias, 28-29
 Restos vegetales
 Fósiles, 30-31
 Recursos minerales, 32
 Rocas sedimentarias, 28
 Reunión de brazos de un río, 42
 Ribera alta de un río, 41
 Rifts
 Corteza terrestre, 11
 Pliegues y fallas, 14-15
 Río Amarillo
 Elementos físicos de la Tierra, 9
 Ríos, 57
 Río Anzónas
 Elementos físicos de la Tierra, 8
 Ríos, 57
 Río Amur
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Ríos, 57
 Río Colorado
 Evolución de la Tierra, 11
 Gran Cañón, 29
 Río con varios brazos que vuelven a unirse, 38
 Río Congo
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Ríos, 57
 Río de barro, 50
 Río Ganges, 40
 Río Jordán, 45
 Río Lena
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Ríos, 57
 Río Mackenzie-Peace

Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 8
 Ríos, 57
 Río Mekong, 9
 Río Mississippi, 43
 Río Mississippi-Missouri
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 8
 Ríos, 57
 Río Nilo
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 8-9
 Ríos, 57
 Río Ob-Irtys
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Ríos, 57
 Río Paraná, 8
 Río Yangtze
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Ríos, 57
 Río Zaire
 Ríos, 57
 Rioluta, 26-27
 Ríos, 40-41
 El ciclo de la roca, 20-21
 Datos sobre la Tierra, 57
 Elementos físicos de la Tierra, 42-43
 Meteorización y erosión, 34
 Rizaduras u ondulaciones en la arena, 51
 Roca desmenuzada, 34
 Roca dura
 El curso del río, 42-43
 Glaciares, 38
 Meteorización y erosión, 34
 Pliegues y fallas, 14
 Roca en forma de hongo, 34
 Roca firme, 50
 Formación de un delta, 43
 Roca fundida
 El ciclo de la roca, 20
 Fondo oceánico, 50
 Rocas ígneas y metamórficas, 26
 Volcanes, 18
 Roca impermeable
 Cuevas, 36-37
 Etiapas de un río, 41
 Lagos, 44
 Recursos minerales, 32-33
 Roca impermeable y plegada, 33
 Roca permeable, 44
 Formación de un lago, 44
 Roca permeable saturada de agua
 Lagos y aguas subterráneas, 44
 Recursos minerales, 32-33
 Roca plegada, 14
 Recursos minerales, 32
 Roca poco compacta
 El curso del río, 42
 Meteorización y erosión, 34
 Roca volcánica, 50
 Rocas, 39
 El ciclo de la roca, 20-21
 Fósiles, 30-31
 Meteorización y erosión, 34
 Minerales, 21
 Pliegues y fallas, 14-15
 Recursos minerales, 32
 Rocas ígneas y metamórficas, 26-27
 Rocas sedimentarias, 28
 Rocas aborregadas, 38
 Rocas de grano grueso, 26
 Rocas de plegamiento
 El ciclo de la roca, 20
 Rocas elásticas, 14
 Rocas extrusivas, 26
 Rocas ígneas, 26-27, 59
 El ciclo de la roca, 20-21
 Rocas ígneas extrusivas, 27
 Rocas ígneas intrusivas, 27
 Rocas intrusivas, 26
 Rocas metamórficas, 26-27, 59
 El ciclo de la roca, 20-21
 Rocas rígidas
 Pliegues y fallas, 14
 Rocas sedimentarias, 28-29, 59
 El ciclo de la roca, 20-21
 Rocas ígneas y metamórficas, 26
 Rocas sedimentarias de origen orgánico, 28
 Rocas sedimentarias de precipitación química, 28
 Rocas sedimentarias detríticas, 28

Rodiu, 58
 Rompeolas, 46
 Rostro en forma de bala, 30
 Rotación de la Tierra
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 8
 Circulación atmosférica y
 vientos, 52
 Océanos y mares, 48
 Rubidio, 58
 Ruiz
 Datos sobre la Tierra, 57-58
 Rutenio, 58
 Rutherfordio-Kurchatovio, 58

S

Sahara
 Desiertos, 57
 Elementos físicos de la Tierra,
 8-9

Sal
 Contenido salino del agua del
 mar, 48
 Mar Muerto, 45

Sal de roca
 Haluros, 23
 Rocas sedimentarias, 28-29

Saliente arenoso, 46
 Salinidad del agua, 48
 Salto de falla, 14
 Salto vertical de falla, 14
 Samario, 58
 Sangay
 Volcanes, 57

Satélite, 8
 Saturno, 6

Sedimento
 El curso del río, 42-43
 El ciclo de la roca, 20-21
 Fondo oceánico, 50-51
 Fósiles, 30
 Glaciares, 38-39
 Lagos, 44
 Líneas de costa, 46-47
 Orogenesis, 16-17
 Recursos minerales, 32
 Ríos, 40

Sedimentos del fondo profundo
 oceánico, 51

Sedimentos del margen
 continental, 51

Sedimentos glaciares, 51
 Sedimentos marinos, 32
 Sedimentos tergenosos, 51

Selenio, 58
 Selenita, 24
 Serie actínida, 58
 Serie inferior de estratos, 35
 Serie lantánida
 Serpentina, 27
 Shakti Pantjikhina
 Cuevas, 57

Sienita, 27
 Sierra Madre, 8
 Sierra Nevada, 11
 Silicatos, 23
 Silicio, 58
 Composición de la Tierra, 7

Corteza terrestre, 12
 Simas montañosas, 38
 Sinclinal, 14-15
 Sinclinalio, 15
 Sistema cúbico, 24
 Sistema de aguas subterráneas, 45
 Sistema de avenamiento
 paralelo, 40
 Sistema de coordenadas, 6
 Sistema de corrientes profundas,
 48-49
 Sistema de cuevas, 36-37
 Datos sobre la Tierra, 57
 Sistema de cuevas de Mammoth
 Cuevas, 57
 Sistema de cuevas prolongadas, 37
 Sistema del Trave
 Cuevas, 57
 Sistema hexagonal, 24
 Sistema monoclinel, 24
 Sistema ortorombico, 24
 Sistema Solar, 6
 Sistema tetragonal, 24
 Sistema Triclinico, 24
 Sistema Trigonal, 24
 Sistemas cristalinos, 24
 Skarn, 26
 Sodálita, 23
 Sodio, 58
 Contenido salino del agua del
 mar, 48
 Corteza terrestre, 12

Sol
 Atmósfera, 53
 Océanos y mares, 48-49
 Perfil de la Tierra, 56
 Sistema Solar, 6

Solfataras, 18-19
 Sondenicoico, 50
 Sonido, 47
 Sibnita, 22
 Stratumcúmulos, 54
 Stratus, 54
 Struthiolalia, 31
 Subducción, 12
 Surafrica
 Cascadas, 57
 Suelo estalagmítico, 36
 Suelo estalagmítico cristalino, 36
 Suelo marítimo (fondo del mar), 12

Suiza
 Cuevas, 57
 Sulfatos, 23, 48
 Sulfuros, 22

Sumatra
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélite, 9
 Islas, 56
 Sumideros, 36
 Superficie de agua, 56
 Superficie de tierra firme, 56
 Superficie terrestre
 Atmósfera, 52-53
 El ciclo de la roca, 20
 Elementos físicos de la Tierra, 8
 Escala de tiempo geológico, 10
 Formación de montañas, 16
 Océanos y mares, 48
 Perfil de la Tierra, 56

Recursos minerales, 32
 Superficie topográfica de un
 sistema de cuevas, 36
 Superficies llanas, 45
 Surgencia, 36-37
 Sustancias inorgánicas, 32

T

Talco, 24-25
 Talio, 58
 Talud continental
 Corrientes litorales, 48
 Fases o etapas del ciclo de la
 roca, 21
 Fondo oceánico, 50
 Tantalio, 58
 Tapón erosional, 27
 Tapones, 18-19
 Estructuras de las rocas
 ígneas, 26
 Tapones volcánicos, 18
 Tecnecio, 58
 Tectónica de placas, 12-13, 59
 Teluro, 58

Temperatura
 Atmósfera, 52-53
 Núcleo interno terrestre, 6
 Océanos y mares, 48
 Perfil de la Tierra, 56
 Recursos minerales, 32
 Tiempo meteorológico,
 54-55, 58
 Temperatura del aire, 52
 Temperatura del mar, 55
 Temporada húmeda, 45

Tensión
 Orogenesis, 16
 Pliegues y fallas, 14-15

Terbio, 58
 Termosfera, 52, 59
 Terraza del Kame, 38
 Terraza fluvial, 42-43
 Terraza fluvio-glaciaria, 38
 Terraza lacustre, 38
 Terremotos, 59
 Datos sobre la Tierra, 58
 Formación de montañas, 16-17
 Pliegues y fallas, 14
 Terreno superficial, 36

Tibet
 Montañas, 57

Tiempo geológico, 10-11
 Registro de fósiles, 31
 Tiempo meteorológico, 54-55, 59
 Datos sobre la Tierra, 58
 Tiempo meteorológico regional, 54

Tierra, 6-7
 Atmósfera, 52-53
 Mares, 49
 Tierra ascendente, 46
 Tierra de hundimiento, 46
 Tierra firme
 Atmósfera, 53
 Perfil de la Tierra, 56
 Ríos, 40
 Tifón, 54
 Tipos de lava, 19
 Titanio, 58

Toba calcarea, 36
 Tómbolo, 46
 Tómbolo sedimentario, 42
 Tonga
 Océanos y mares, 56

Topacio, 25
 Torcas, 36-37
 Tono, 58
 Tormenta
 Estructura de un huracán, 55

Trampa, 59
 Trampa anticlinal, 32-33
 Trampa cúpula salina, 33
 Trampa de falla, 33
 Trampa de gas, 33
 Trampas petrolíferas, 33

Trilobites
 Evolución de la Tierra, 10
 Registro de los fósiles, 31

Tropico de Cáncer
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Corrientes de la superficie, 49
 Sistemas de coordenadas, 6

Trópico de Capricornio
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélites, 9
 Corrientes de la superficie, 49
 Sistemas de coordenadas, 6

Troposfera, 52, 59
 Tulio, 58
 Tunnel, 37

Tungungatito
 Volcanes activos, 57

Turba, 32
 Turmalina, 23

U

Urania
 Cuevas, 57

Uranio, 58
 Urano, 6
 Utgaard
 Cascadas, 57

Uzbekistan
 Cuevas, 57

V

Válvula braquial, 30
 Valle (de un pliegue), 14
 Valle ahondado, 47
 Valle del Río Colorado, 29
 Valle en U, 38-39
 Valle en V
 El curso del río, 42
 Ríos, 40-41
 Valle fluvial, 40, 41, 42
 Valle glaciar, 38
 Valle Muerto
 Continentes, 5, 56
 Valle sumergido, 47
 Valle suspendido o colgado, 38-39

Valles
 El curso del río, 42
 Etapas del ciclo de la roca, 21
 Glaciares, 38-39
 Gran Cañón, 29

Líneas de costa, 46
 Montañas, 16
 Ríos, 40-41
 Valles de río sumergido, 46
 Valles glaciares sumergidos, 46-47
 Vanadio, 58
 Vapor, 19
 Vapor de agua
 Ciclo hidrológico, 40
 Estructura de un huracán, 55

Variaciones en el nivel del mar, 46
 Vegetación superficial, 34
 Velocidad del viento, 55, 58
 Venezuela
 Cascadas, 57

Venus, 6
 Vermilion Cliffs, 29

Vertebrados
 Evolución de la Tierra, 10
 Registro de fósiles, 31

Vesícula, 14-15
 Via Láctea, 6
 Vida, 6, 10
 Atmósfera, 52

Viento
 Atmósfera, 52
 Ciclo de la roca, 20-21
 Ciclo hidrológico, 40
 Espirál de Ekman, 49
 Meteorización y erosión, 34-35
 Océanos y mares, 48-49
 Tiempo meteorológico, 54
 Velocidad del viento, 55, 58

Viento del nordeste, 55
 Viento del noroeste, 55
 Viento polar del este, 52
 Viento solar, 7
 Vientos alisios, 52
 Vientos alisios del nordeste, 52
 Vientos alisios del suroeste, 52
 Vientos del oeste, 52
 Vientos del suroeste, 55
 Vientos del sur, 55
 Vientos espaciales, 54-55

Vinson Massif
 Continentes, 56

Vityaz II
 Océanos y mares, 56

Volcan caldera (caldera
 volcánica), 18
 Volcan cenada, 18
 Volcán cúpula (domo), 18
 Formación de montañas, 16
 Volcán de escudo básico, 18
 Volcan de fisura, 18
 Volcan joven, 27
 Volcan parásito, 27
 Volcanes, 18-19, 59
 Corteza terrestre, 12
 Datos sobre la Tierra, 57
 Fondo oceánico, 50
 Orogenesis, 16-17
 Zonas de mineralización, 33

Volcanes activos, 18
 Datos sobre la Tierra, 57
 Formación de montañas, 16
 Rocas ígneas y metamórficas,
 27

Volcanes compuestos, 18
 Volcanes cónicos, 18
 Volcanes extinguidos, 18
 Estructuras de las rocas
 ígneas, 17
 Fondo oceánico, 50
 Formación de montañas, 16
 Volcanes inactivos, 18
 Volumen de la Tierra
 Perfil de la Tierra, 56

W

Washington Mt.
 Tiempo meteorológico, 58

Wavelita, 23
 White Cliffs, 28
 Wilhelm Mt.
 Continentes, 56

Wolframio, 58
 Zonas de mineralización, 33

Wollastonita, 25
 Wulfenita, 23

X

Xenón, 58
 Xixabangma Feng
 Montañas, 57

Y

Yardang, 34
 Yeso, 25
 Yeso Margarita, 23
 Yodo, 58

Z

Zaire
 Cartografía de la Tierra
 mediante satélite, 9
 Cascadas, 57

Zeugen, 34
 Zimbabwe
 Cascadas, 57

Zinc, 58
 Zonas de mineralización, 33

Zirconio, 58
 Zona capilar, 45
 Zona de convergencia
 intertropical, 52
 Zona de saturación, 44-45
 Zona de sombra de las ondas P, 17
 Zona de subducción
 Corteza terrestre, 12
 Zonas de mineralización, 23
 Zona de ventilación (aireación), 45
 Zona donde rompen las olas, 46
 Zona pantanosa no fértil, 40
 Zonas de altas presiones
 Circulación atmosférica y
 vientos, 52
 Tiempo meteorológico, 34-35
 Zonas de mineralización, 32-33

Agradecimientos

Dorling Kindersley desea mostrar su agradecimiento a:
 Dr. John Nudds, The Manchester Museum, Manchester;
 Dr. Alan Wooley y Dr. Andrew Clark, The Natural History
 Museum, Londres; Graham Bartlett, National
 Meteorological Library and Archive, Bracknell; Tony
 Drake, BP Exploration, Uxbridge; Jane Davies, Royal
 Society of Chemistry, Cambridge; Dr. Tony Waltham,
 Nottingham Trent University, Nottingham; Personal del
 Smithsonian Institute, Washington; Personal del National
 Geographic Society, Washington; Personal de Edward
 Lawrence Associates (Export Ltd.), Midhurst; John
 Farndon; David Lambert.

Créditos de las ilustraciones:
 BP Exploration 51c; Bruce Coleman Ltd/Andy Price 18siz;
 Robert Harding: cubierta, 16siz; Hutchison Picture Library
 14ciz; Nature Photographers/Paul Sterry 38siz; SPL/Earth
 Satellite Corporation 40ciz, 45id; Simon Fraser 20siz;
 NASA 43sd, 52siz; David Parker 17iiz; Tom Van Sant
 6siz, 8-9c, 19sd, 33sd, 48-49c; Floor of the Oceans, por
 Bruce C. Heezen y Marie Tharp 1975. © Marie Tharp
 1980. Reproducido con el permiso de Marie Tharp, 1
 Washington Ave, South Nyack, NY 10960, USA 13sd; G.
 Steenmans 44siz; Tony Stone Worldwide 32siz;
 Zefa/Janicek: cubierta, 28siz.

Ilustradores:
 Christine Rista, Catherine O'Rourke, Anna Lord.

Ayuda adicional en la edición:
 Emily Hill, Cathy Rubinstein.

Ayuda adicional en el diseño:
 Sue Knight.

Índice:
 Kay Wright.

(s=superior, c=centro, i=inferior, iz=izquierda, d=derecha)

Universo

A

Abismo de Coprates, 99
 Abultamiento
 Pacífico-Américo, 94
 Abultamiento central
 Galaxias, 68
 Vía Láctea, 70
 Acamar, 75
 Acherar
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas del sur, 76
 Ácido sulfúrico, 92-93
 Acnus
 Centauro y Cruz, 77
 Estrellas del sur, 77
 Acuario
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Adhara
 Canis Mayor, 77
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Adrastra, 117
 Adelo, 119
 Planetas, 86-87, 116
 África
 Estructura de la Tierra, 95
 Vistas de satélite de la Tierra, 94
 Agua
 Marte, 98
 Tierra, 94
 gaseosa, 105
 Águila
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Hoyo negro estelar, 85
 Hoyos negros, 84-85, 119
 Estrellas pesadas, 82-83
 Galaxias, 68
 Aislamiento térmico, 115
 Aslamiento, 114
 Al Nar
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Albategno, 96
 Albireo, 76
 Alcor, 76
 Alcor, 75
 Aldebarán
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Alderamin, 75
 Aldrin, Edwin "Buzz", 114
 Alfa Centauro A
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas más cercanas, 118
 Alfa Centauro B, 118
 Alfa Centauro, 77
 Alfa Hidra, 76
 Alfa Mensa, 76
 Alford
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Alfeca
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Alferaz
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso y Andromeda, 75
 Alfonso, 96
 Algedi, 76
 Algema
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Algenib
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso y Andromeda, 75
 Algeba, 74
 Algor
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Aliaz
 El Arado, 75
 Estrellas del norte, 74
 Alkad
 El Arado, 75
 Estrellas del norte, 74
 Almak
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso y Andromeda, 75

Almohadilla de la pata
 Apolo, 76, 111
 Viking, 111
 Almohadilla de ventilación, 113
 Alnilam, 74
 Alnitak
 Nebulosa de la Cabeza de caballo, 72
 Orión, 74
 Alnir, 77
 Alnir
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Aludra, 77
 Amaltea, 117
 Amomaco
 Atmósfera de Júpiter, 101
 Atmósfera de Saturno, 103
 Estructura de Neptuno, 107
 Estructura de Urano, 105
 Amortiguador de aterrizaje, 111
 Ananke, 117
 Andes
 Estructura de la Tierra, 95
 Vistas de satélite de la Tierra, 94
 Andromeda I, 118
 Andromeda II, 118
 Andromeda III, 118
 Andromeda, 75
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Grupo local de galaxias, 118
 Anhídrido carbónico
 Atmósfera de Marte, 99
 Atmósfera de Venus, 93
 Atmósfera terrestre, 95
 Estructura de un cometa, 109
 Anillo 1986 U₁R, 104
 Anillo 1986 U₂R, 104
 Anillo, 66, 104
 Anillo A, 102-103
 Anillo Alfa, 104
 Anillo B, 102-103
 Anillo Beta, 104
 Anillo C, 102-103
 Anillo D, 102-103
 Anillo Delta, 104
 Anillo E, 102
 Anillo Epsilon
 Anillos de Urano, 104
 Estructura de Urano, 105
 Anillo Eta, 104
 Anillo F, 102-103
 Anillo G, 102
 Anillo Gamma, 104
 Anillo de Adams
 Anillos de Neptuno, 106
 Estructura de Neptuno, 107
 Anillo de Galle
 Anillos de Neptuno, 106
 Estructura de Neptuno, 107
 Anillo de fijación, 110
 Anillo de montañas, 90
 Anillo del casco, 113
 Anillo del cuello, 113
 Anillo principal, 100
 Anillos 64 y 65, 104
 Anillos, 116
 Júpiter, 100-101
 Neptuno, 106-107
 Planetas, 116
 Saturno, 102-103
 Urano, 104-105
 Antártida, 94
 Antares
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Antena de UHF, 111
 Antena de VHF
 Apolo 16, 115
 Vostok 1, 112
 Antena de alta ganancia, 110
 Antena de baja ganancia, 111
 Antena de comunicaciones, 112
 Antena de radio control, 112
 Antena de radio, 112
 Antena de telemetría, 112
 Antena direccional en banda-S, 115
 Antena direccional de haz estrecho, 114
 Antena en banda-S de alta ganancia, 111

Antena en banda-S de baja ganancia, 111
 Antena equipos de investigación, 111
 Antena extensible, 114
 Antena parabólica de alta ganancia, 111
 Antena parabólica, 111
 Antena, 111
 Anilla
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Antomado, 97
 Año sideral, 119
 Año tropical, 119
 Año, 119
 Júpiter, 85, 116
 Marte, 86, 116
 Mercurio, 86, 90, 116
 Neptuno, 87, 116
 Planetas, 86-87, 116
 Plutón, 87, 116
 Saturno, 87, 116
 Tierra, 86, 116
 Urano, 87, 116
 Venus, 86, 116
 Año-luz, 119
 Vía Láctea, 70
 Apogeo, 119
 Apolo, 97
 Ara, 76
 Argon
 Atmósfera de Marte, 99
 Atmósfera de Mercurio, 91
 Atmósfera de Venus, 93
 Atmósfera de la Tierra, 95
 Ariel
 Lunas de Urano, 104
 Lunas, 117
 Aries
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Aristoteles, 96
 Aristarco, 96
 Aristóteles, 96
 Arkab Prior, 77
 Armstrong, Neil, 114
 Arnes de cables, 114
 Arquimedes, 96
 Arturo
 Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Arzakel, 96
 Asia, 94
 Asteroide 951 Gaspra, 108
 Asteroides, 108-109, 119
 Sistema Solar, 86
 Atlas
 Cara visible de la Luna, 96
 Lunas, 117
 Atmósfera, 119
 Júpiter, 101
 Marte, 99
 Mercurio, 90-91
 Neptuno, 107
 Plutón, 107
 Saturno, 103
 Tierra, 95
 Urano, 105
 Venus, 93
 Auricular, 113
 Auriculares de comunicaciones, 113
 Auriculares, 113
 Auriga
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Aurora Polar Norte, 101
 Austral, 77
 Australia, 94
 Avogadro, 97

B

Bach, 91
 Bailli, 96
 Ballena, 118
 Balzac, 91
 Banda de latitudes medias, 92
 Banda polar, 92
 Bandadilla de los astronautas, 110
 Barra amortiguadora primaria, 115
 Barra amortiguadora secundaria, 115
 Basura, 90
 Beethoven, 91
 Belinda, 117
 Beltrix, 74

Bello, 91
 Beta Hidra, 76
 Beta Mensa, 76
 Beta Pictoris, 77
 Betelgeuse
 Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Orión, 74
 Blanca, 117
 Bodega de instrumentos, 114
 Bodega para los instrumentos
 Luna 69, 114
 Marte 63, 111
 Bodega, 112
 Bola de fuego, 66
 Bolsillo de la linterna, 113
 Bolsillo de la radio, 113
 Bolsillo para dosímetro, 113
 Bootes
 Estrellas más originales, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Bolsillo lentes de sol, 113
 Botón de ajuste fino del azimut, 110
 Botón de enfoque, 110
 Botella a presión, 111
 Botella de gas a presión, 112
 Bramante, 91
 Brazo Local, 70
 Brazo de Cruz-Centauro, 70
 Brazo de Orión, 70
 Brazo de Perseo, 70-71
 Brazo de Sagitario, 70
 Brazo espiral
 Galaxias, 68-69
 Vía Láctea, 70
 Broche de la muñeca, 113
 Bronte, 90
 Bucle de gas, 88-89

C

Cabellera de Berenice
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Cabeza de un cometa, 109
 Cabeza de muestras, 111
 Cable de seguridad, 113
 Cable eléctrico con conector, 113
 Caclum, 74
 Caja del equipo, 110
 Caja de muestras de Apolo, 113
 Caja del paracaídas, 111
 Caldera, 98
 Calentador nuclear, 114
 Calipso, 117
 Calisto
 Lunas de Júpiter, 100
 Lunas, 117
 Cámara de barrido horizontal, 114
 Cámara de Televisión
 Luna 9, 114
 Lunokhod 1, 114
 Viking, 111
 Cámara panorámica, 114
 Campbell, 117
 Canales, 99
 Cáncer
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Canes Venatici
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Canis Mayor, 77
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Canis menor
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Canopus
 Estrellas más brillantes, 118
 Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 71
 Canon de Iram, 91
 Canon de Hestia, 93
 Capa de nubes
 Estructura de Neptuno, 107
 Nubes de gran altitud, 106
 Capa de oro, 113
 Capa de ozono, 95
 Capa externa
 Estructura de gigante roja, 81
 Estructura de supergigante roja, 82
 Capella
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74

Capricornio
 Estrellas del sur, 76
 Beta Mensa, 76
 Cápsula de descenso, 111
 Capullo natal
 Vida de estrella pequeña, 80
 Vida de estrella pesada, 82
 Cara oculta de la Luna, 97
 Cara visible de la Luna, 96
 Características de las nubes
 Neptuno, 106
 Saturno, 102
 Venus, 92
 Características de la superficie
 Marte, 98
 Sol, 88
 Carbono
 Estructura de gigantes, 81
 Estructura de supergigantes rojas, 82
 Carina
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas del sur, 77
 Grupo local de galaxias, 118
 Carina, 117
 Carro, El, 75
 Casación de gas
 Estructura de gigante rojo, 81
 Nebulosas y cúmulos estelares, 72-73
 Vida de estrella pequeña, 81
 Casco presurizado, 113
 Casiopea, 75
 Casquete Sur de hielo polar
 Estructura de Marte, 99
 Superficie de Marte, 98
 Casquete polar, 92
 Cástor
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Catalina, 96
 Cazador, 118
 Cefeo, 75
 Centauro
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Centauro A (Radiogalaxia), 9
 Centauro y Cruz, 77
 Centro galáctico
 Estrellas del sur, 75
 Estrellas del norte, 74
 Vía Láctea, 70
 Cierre instantáneo, 111
 Cetus
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Charón, 117
 Plutón, 106
 Chejov, 91
 Chi, Oriónis, 74
 Chong Ch'ol, 91
 Chorro de polvo y gas, 109
 Cierre a presión, 113
 Cierre del traje, 113
 Cinturón
 Júpiter, 100-101
 Templado norte, 101
 Ecuatoral sur, 101
 Templado sur, 101
 Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 71
 - de asteroides
 Asteroides, cometas y meteoroides, 108
 Sistema Solar, 86
 - Equatorial norte, 101
 Círculo de ascenso recto, 110
 Cirlo, 96
 Cirro
 Estructura de Marte, 99
 Neptuno, 109
 Cirros de metano, 106-107
 Círculo
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Clavio, 96
 Cleomedes, 96
 Cohete lateral de combustible sólido, 112
 Cola de gas, 108-109
 Cola de polvo, 108-109
 Colas de cometas, 108-109
 Coleridge, 91
 Colette, 93
 Columba
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Coma, 108-109
 Cometas, 108-109, 119
 Cometas famosos, 116
 Sistema Solar, 86

Contrapeso, 110
 Correa del soporte, 113
 Couston, 97
 Conducto y sistema de control, 112
 Conector de comunicaciones, 113
 Conector de entrada de comunicaciones, 113
 Conector del guante, 113
 Conector eléctrico, 114
 Conexión para transferencia de orina, 113
 Constelación, 119
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Copernico, 96
 Cor Caroli
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Cordon, 113
 Cordelia, 117
 Corona Boreal
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Corona austral, 75
 Corona de Neferiti, 93
 Corona, 88-89
 Correa de seguridad, 113
 Corriente de gas, 85
 Corteza
 Estructura de gigante rojo, 81
 Estructura de supergigante, 82
 Estructura de Marte, 99
 Estructura de Mercurio, 91
 Estructura de Venus, 93
 Estructura de cometa, 109
 Estructura de la Tierra, 95
 Cara oculta de la Luna, 97
 Pulsar, 84
 - de fusión, 108
 externa cristalina, 84
 - externa, 84
 - interna rica en neutrones, 84
 Cráter
 Características de la superficie de Marte, 98
 Estrellas meridionales, 77
 Estrellas septentrionales, 74
 Océano Procelarum, 96
 Polo Norte de Mercurio, 91
 Cráteres de Venus, 92
 Cráter radial, 90
 Cráter secundario, 90
 Cressida, 117
 Cristales de amoníaco
 Atmósfera de Júpiter, 101
 Atmósfera de Saturno, 103
 Cristales de hidrosulfuro de amoníaco
 Atmósfera de Júpiter, 101
 Atmósfera de Saturno, 103
 Cromatógrafo de gas, 111
 Cromosfera, 88-89
 Cuarto menguante, 97
 Cuarto creciente, 97
 Cubierta
 Dorada, 113
 Telescopio Espacial Hubble, 110
 del generador termoelectrónico de radioisótopos, 111
 Cuenca de Caloris, 90-91
 Cuenca de Tellus, 93
 Cuenca del Amazonas, 95
 Cuenca del Congo, 115
 Cuerpo de flap, 112
 Cuervo
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Cúmulo abierto, 72
 Cúmulo globular
 M22 (cúmulo globular), 77
 Nebulosas y cúmulos globulares, 72
 Objetos del Universo, 68
 Cúmulos de galaxias, 66-67
 Cúmulos estelares, 72-73
 Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 71
 Objetos del Universo, 67

D

D'Alambert, 97
 DDO 210 (galaxia irregular), 118
 Danilova, 92
 Darwin, 119
 Datos astronómicos, 116-118
 De la Rue, 96
 Deflector del escape, 115
 Demos
 Lunas, 117
 Marte, 98

Delfín
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
Delta Andromedae, 75
Delta Cruz, 77
Delta Hidra, 76
Denebola
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
Deneb
 Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
Deneb Algedi
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
Deneb Kaitos
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
Densidad
 Hoyo negro estelar, 85
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas pesadas, 82-83
 Formación hoyo negro, 85
 Planetas, 116
Depresión de Dekla, 93
Desdémona, 117
Desfiladero de Altai, 96
Desfiladero, 90
Desierto, 94
Deslindres, 96
Despina, 117
Día sideral, 119
Día solar, 119
 Mercurio, 90
 Día, 119
 Planetas, 116
Diagonal, 110
Diagrama de Hertzsprung-Russell, 119
 Estrellas, 78-79
Diámetro
 Estrellas, 78
 Grupo local de galaxias, 118
 Júpiter, 86, 100, 116
 La Luna, 96, 117
 Lunas de Júpiter, 100, 117
 Lunas de Marte, 98, 117
 Lunas de Neptuno, 106, 117
 Lunas de Plutón, 117
 Lunas de Saturno, 102, 117
 Lunas de Urano, 104, 117
 Lunas, 117
 Marte, 86, 116
 Mercurio, 86, 116
 Neptuno, 87, 116
 Planetas, 86-87, 116
 Plutón, 87, 116
 Saturno, 87, 102, 116
 Sol, 88, 116
 Tierra, 86, 116
 Urano, 87, 104, 116
 Venus, 86, 116
 Vida estrella pequeña, 81-82
 Vida estrella pesada, 82-83
 - ecuatorial, 116
Dione
 Lunas de Saturno, 102
 Lunas, 117
Dióxido de azufre, 93
Disco de acreción, 119
 Estrellas de neutrones y
 hoyos negros, 84-85
 Vida de estrella pesada, 83
Disco de brazos espirales, 70
Discontinuidad de Gutenberg, 95
Discontinuidad de Mohorovicic, 95
Distancia, 118
División de Cassini
 Anillos de Saturno, 102
 Estructura de Saturno, 103
División de Encke
 Anillos de Saturno, 102
 Estructura de Saturno, 103
Doppler, 97
Dorado, 77
Dragón
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Grupo local de galaxias, 118
Dubhe
 El Carro, 75
 Estrellas del norte, 74

E
Eclíptica, 119
 Estrellas del sur, 76-77
 Estrellas del norte, 74-75
 Inclinación de órbitas
 planetarias, 87

Eclipse solar, 88, 117, 119
Eclipse lunar, 119
 - Eclipse lunares totales, 117
 Eclipse parcial de Sol, 88
 Eclipse total de Luna, 117
 Eclipse total de Sol, 88, 117
Ecuador celeste, 119
 Estrellas del sur, 76-77
 Estrellas del norte, 74-75
Ecuador, 103
Efecto invernal, 92
Eje de rotación, 119
 Júpiter, 100
 Luna, 96
 Marte, 98
 Mercurio, 90
 Neptuno, 106
 Plutón, 107
 Pulsar, 84
 Saturno, 102
 Tierra, 94
 Urano, 104
 Venus, 92
Eje magnético, 84
El Nath
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
Elara, 117
Elementos químicos pesados, 83
Elevón, 112
Eltanin, 75
Emisión de ondas de radio, 71
Emisión de rayos-X, 84
Emisión energética del Sol, 78
Enana negra, 80-81
Enana roja, 119
 Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
Enanas blancas, 119
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas, 78-79
Encantador, 118
Enclado
 Lunas de Saturno, 102
 Lunas, 117
Encke, 96
Enif
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso y Andrómeda, 75
Entrada de emergencia del oxígeno, 113
Entrada y salida de agua, 113
Entrada y salida de oxígeno, 113
Epimeteo, 117
Épsilon Centauro, 77
Épsilon Cruz, 77
Épsilon Hidra, 76
Equipo de meteorología, 111
Equipo para navegación, 111
Equileo
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
Eridano
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Estrellas más brillantes, 118
Escalera, 115
Escorpión
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
Escotilla de la tripulación, 115
Escotilla lateral, 112
Escotilla superior, 115
Escudo (Scutum), 75
Escudo de protección contra la luz, 110
Escudo térmico, 111
Escultor
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Grupo local de galaxias, 118
Esfera celeste, 119
 Estrellas del norte, 74
Espicula
 Estructura del Sol, 89
 Superficie del Sol, 88
Espectrómetro de masas, 111
Espectrómetro de rayos-X para Análisis del suelo, 114
Espectro, 119
Espejo de aumento, 111
Espejo diédrico, 114
Espejo primario, 110
Espejo secundario, 110
Espejo, 113
Espiga (Spica)
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
Estabilizador vertical, 112
Estepa, 94

Estratosfera
 Atmósfera de Júpiter, 101
 Atmósfera de Marte, 99
 Atmósfera de Saturno, 103
 Atmósfera terrestre, 95
Estrella binaria, 119
Estrella de Barnard
 Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
 Estrellas más cercanas, 118
Estrella enana, 119
Estrella secuencia principal
 Estrella pequeñas, 80
 Estrellas pesadas, 82
 Estrellas, 78-79
 Objetos del Universo, 67
Estrella supergigante azul
 Hoyo negro estelar, 85
 Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
Estrella variable, 119
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Estrellas cercanas, 118
 Estrellas de neutrones, 84-85, 119
 Estrellas pesadas, 82-83
Estrellas gigantes, 119
 Estrellas pesadas, 82
 Estrellas, 78-79
Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas pesadas, 82-83
Estrellas supergigantes, 119
 Hoyos negros estelares, 85
 Estrellas pesadas, 82
 Estrellas, 78-79
Estrellas, 78-79, 119
 Cúmulos estelares, 72
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas de neutrones y
 hoyos negros, 84-85
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas pesadas, 82-83
 Sol, 88-89
 Vía Láctea, 70-71
Estríones, 102
Eta de Centauro, 77
Eta de Mesa, 76
Eta de Orión, 74
Eta de Sagitario, 77
Etapas final del vehículo de lanzamiento, 112
Europa
 Estructura de la Tierra, 95
 Lunas de Júpiter, 100
 Lunas, 117
 Vistas de la Tierra en
 satélite, 94
Eva, 93
Exploración de la Luna, 114-115
Exploración espacial tripulada
 112-113
Exterior del núcleo
 Estructura de la Tierra, 95
 Lado lejano de la Luna, 97
Eyeca
 Características de supernova, 83
Fabry, 97
Faet, 77
Faldón, 112
Fases de la Luna, 97
Fases, 119
Fekda, 75
Fénix
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
Fi de Andrómeda, 75
Fibrils, 88
Fidias, 91
Filamento
 Nebulosas y cúmulos
 estelares, 72-73
 Sol, 88-89
Filogenus, 91
Flamsteed, 96
Flecha (Sagitta), 76
Fleming, 97
Flojo de lava, 98
Fobos
 Lunas, 117
 Marte, 98
Foche, 117
Fomalhaut
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75

Formación hoyo negro, 85
Formación cráter radial, 90
Formación estelar en Orión, 80
Fosa de Iridum, 96
Fosa de Tántalo, 99
Fosa de las Perlas, 99
Fosa del Atlántico central, 94
Fosa del Índico central, 94
Fosa de Tempe, 99
Fosa de Thaumasia, 99
Fosa del Alba, 99
Fotófera, 88-89
Fra Mauro, 96
Fracastorio, 96
Furnerio, 96
Furud, 77
Fuselaje, 112
Fusión nuclear
 Estrellas pequeñas, 80
 Estrellas pesadas, 82
 Estrellas, 78
 Sol, 88

G
GR 8 (galaxia irregular), 118
Gagarin, 97
Gagarin, Yuri, 112
Galatea, 117
Galaxia de Andrómeda
 Nuestra galaxia y galaxias
 cercanas, 70
 Pegaso y Andrómeda, 75
Galaxia elíptica, 119
 Galaxias, 68
 Grupo local de galaxias, 118
 Objetos del Universo, 67
 Origen y expansión del
 Universo, 67
Galaxia espiral, 119
 Galaxias, 68-69
 Grupo local de galaxias, 118
 Objetos del Universo, 67
 Origen y expansión del
 Universo, 66-67
Vía Láctea, 70-71
Galaxia irregular, 110
 Galaxias, 68
 Grupo local de galaxias, 118
 Nuestra galaxia y galaxias
 cercanas, 71
 Objetos del Universo, 67
 Origen y expansión del
 Universo, 66-67
 Galaxias activas, 68
Galaxia de Seyfert, 68-69
 Galaxias en colisión, 9
 Galaxias, 68-69, 119
 Grupo local de galaxias, 118
 Universo, 66-67
Vía Láctea, 70-71
Galois, 97
Gamma
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 - de Centauro, 77
 - de Cruz, 77
 - de Hidra, 76
 - de Mesa, 76
Ganimedes
 Lunas de Júpiter, 100
 Lunas, 117
Gias
 Hoyo negro estelar, 85
 Asteroides, Cometas y
 Meteoroides, 108-109
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas pesadas, 82-83
 NGC 2997 (galaxia
 espiral), 68
Gassendi, 96
Gemelos (Géminis), 74
Gigante roja
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas, 78-79
Gigantes de gas
 Júpiter, 100-101
 Neptuno, 106-107
 Saturno, 102-103
 Sistema Solar, 86-87
 Urano, 104-105
Globo
 Estrellas pequeñas, 80
 Vida de una estrella pesada, 82
Glosario, 119
Gorra, 113
Gotas de agua, 101
Goya, 91
Graffias, 77
Gran Nube Magallánica
 Estrellas del sur, 76-77

Grupo local de galaxias, 118
Hidra y Mesa, 76
Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 71
Gran Perro, 118
Gran Punto Oscuro, 106-107
Gran Punto Rojo, 100-101
Gravedad superficial, 116
Gravitación (gravedad), 119
 Estrellas de neutrones y
 hoyos negros, 84
 Universo, 66
Grimaldi, 96
Groenlandia, 95
Grupo local de galaxias, 118-119
Guante extravehicular, 113
Guante presurizado, 113

H
Hadar
 Centauro y Cruz, 77
 Estrellas meridionales, 77
Halley, Cometa, 108
Halo, 70, 100
Hawthorne, 91
Haz de ondas de radio, 84
Heine, 91
Heka, 74
Helena, 117
Helio
 Atmósfera de Mercurio, 91
 Atmósfera de Neptuno, 107
 Atmósfera de Plutón, 107
 Atmósfera de Urano, 105
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas pesadas, 82
 Júpiter, 100-101
 Saturno, 102-103
 Sol, 88
Hércules
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Lado visible de la Luna, 96
Herodoto, 96
Hertzsprung, 97
Hidrógeno
 Atmósfera de Júpiter, 100
 Atmósfera de Mercurio, 91
 Atmósfera de Neptuno, 107
 Atmósfera de Saturno, 102
 Atmósfera de Urano, 105
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estrellas pesadas, 82
 Fusión nuclear en el Sol, 78
 Nebulosas y cúmulos
 estelares, 72-73
 Sol, 88
 - línea alfa, 79
 - línea gamma, 79
 - núcleo, 78
 - sulfuro, 107
Hidra
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
Hielo
 Atmósfera de Mercurio, 103
 Atmósfera de Júpiter, 101
 Estructura de Marte, 99
 Estructura de Neptuno, 107
 Estructura de cometa, 109
 - cristales, 95
Hierro
 Estructura de Mercurio, 91
 Estructura de Venus, 93
 Estructura de la Tierra, 95
 Meteoritos, 108
 - polvo de óxido, 98
Hilbert, 97
Himalayas, 94
Himalia, 117
Hiperión, 117
Holden, 99
Hora-luz, 70
Horizonte de eventos, 119
 Estrellas de neutrones y
 hoyos negros, 84-85
Hornillo (Fornax)
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Grupo local de galaxias, 118
Howe, 92

I
IC 10 (galaxia irregular), 118
IC 1613 (galaxia irregular), 118
IC 5152 (galaxia irregular), 118
Iapetus, 117
Illumador, 110
Imagen en rayos-X de la
 Nebulosa del Cangrejo, 84

Impacto de meteorito
 La Luna, 96
 Mercurio, 90
Inclinación axial
 Júpiter, 100
 Luna, 96
 Marte, 98
 Mercurio, 90
 Neptuno, 106
 Plutón, 107
 Saturno, 102
 Tierra, 94
 Urano, 104
 Venus, 92
Inclinación de la órbita planetaria con la eclíptica, 87
Inclinación orbital, 119
 Lunas, 117
 Planetas, 116
Inclinación y rotación
 Júpiter, 100
 Luna, 96
 Marte, 98
 Mercurio, 90
 Neptuno, 106
 Plutón, 107
 Saturno, 102
 Tierra, 94
 Urano, 104
 Venus, 92
Indicador de presión, 113
Indicador padrón de brillo, 114
Indus, 76
 lo
 Lunas de Júpiter, 100
 Lunas, 117
Iota de Centauro, 77
Iota de Pegaso, 75
Iota de Sagitario, 77

J
Jamal
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso y Andrómeda, 75
Janus, 117
Joliot, 97
Jovero, 67
Julietta, 117
Julio César, 96
Julio Verne, 97
Júpiter, 100-101
 Planetas, 116
 Sistema Solar, 86-87

K
Kappa de Pegaso, 75
Kaus Austral
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Sagitario, 77
Kaus Borel, 77
Kaus Meridional, 77
Kepler, 96
Kochab, 74
Korolev, 97
Kuan han-ch'ing, 91

L
Laberinto de la Noche, 98
 Estructura de Marte, 99
Lacerta
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Lalande 21185, 118
Lambda de Andrómeda, 75
Lambda de Pegaso, 75
 Láminas de titanio, 114
Lampland, 99
Langreno, 96
Larissa, 117
Lava volcánica
 Júpiter, 100
 La Luna, 96
 Marte, 98
 Venus, 92
León
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Estrellas más cercanas, 118
 - A, 118
 - I, 118
 - II, 118
 - Menor
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
Le Verrier, anillo
 Anillos de Urano, 106
 Estructura de Urano, 107
Leibniz, 97
Lente del objetivo (célula), 110

Lente del objetivo, 110
 Lente del ocular, 110
 Leónidas, lluvia de meteoros, 108
 Letronne, 96
 Liang K'ai, 91
 Libra
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Lince
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Línea del helio, 79
 Línea del calcio, 79
 Líneas de absorción espectral en
 estrellas, 78-79
 Línea de campo magnético, 84
 Líneas del sodio, 79
 Líquido, Helio, 101
 Líquido, Hidrógeno,
 Júpiter, 100-101
 Saturno, 102-103
 Líquido, tanque de oxígeno, 112
 Lira
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Estrellas más brillantes, 118
 Lisitea, 117
 Llano Lunar, 99
 Llano de Siria,
 Características de la
 superficie de Marte, 98
 Estructura de Marte, 99
 Llanura de Laxmi, 93
 Lluvia de meteoritos
 Asteroides, Cometas y
 Meteoritos, 108
 Tierra, 95
 Lobo, 74, 77
 Localización del Sistema
 Solar, 70
 Lowell, 99
 Luminosidad, 119
 Grupo local de galaxias, 118
 Sol, 116
 Luna 69, 114
 Luna Nueva, 97
 Luna, 96-97, 119
 Eclipse solar, 88
 Eclipse lunar, 117, 119
 Objetos en el Universo, 67
 Lunar Rover, 115
 Lunas coorbitales, 102
 Lunas galileanas, 100
 Lunas, 117, 119
 Lunas de Júpiter, 100
 Lunas de Marte, 98
 Lunas de Neptuno, 106
 Lunas de Saturno, 102
 Lunas de Urano, 104
 Sistema Solar, 86
 Lunokhod 1, 114
 Luz de seguimiento, 115
 Luz reflejada, 110
 Luz refractada, 110
 Lyre, 118

M
 M22 (cúmulo globular), 77
 M31 (galaxia espiral), 118
 M32 (galaxia elíptica), 118
 M33 (galaxia espiral), 118
 Mach, 97
 Macrobius, 96
 Macroscopio, 89
 Magnus, 96
 Magnesio, líneas, 79
 Magnetómetro, 111
 Magnitud absoluta
 Diagrama de Hertzsprung-
 Russell, 79
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas, 78
 Sol, 116
 Magnitud aparente, 119
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas, 78
 Planetas, 116
 Sol, 116
 Magnitud, 119
 Estrellas más brillantes, 118
 Estrellas más cercanas, 118
 Estrellas, 78
 Sol, 116
 Magnitudes estelares, 78
 Manchas solares, 88-89
 Mango, 113
 Manto
 Estructura de Marte, 95
 Estructura de Mercurio, 91
 Estructura de Neptuno, 107

Estructura de Plutón, 107
 Estructura de Urano, 105
 Estructura de Venus, 93
 Estructura de la Tierra, 95
 Cara oculta de la Luna, 97
 Manto externo
 Júpiter, 100-101
 Saturno, 102-103
 Manto interno
 Júpiter, 100-101
 Saturno, 102-103
 Mapa óptico de nuestra
 galaxia, 70-71
 Mapa de la radiación de fondo de
 microondas, 66
 Mapa en radar de Venus, 62
 Mapa infrarrojo de nuestra
 galaxia, 71
 Mapa panorámico óptico de
 nuestra galaxia y galaxias
 cercanas, 70-71
 Mapa panorámico infrarrojo de
 nuestra galaxia, 71
 Mar Imbrium, 96
 Mar Moscovieta, 97
 Mar Nubio, 96
 Mar Oriental, 97
 Mar de Crísis, 96
 Mar de Smith, 97
 Mar de la Fecundidad, 96
 Mar de la Serenidad, 96
 Mar de la Tranquilidad, 96
 Mar de los Humores, 96
 Mar de los Vapores, 96
 Mar del Frío, 96
 Mar del Ingenio, 97
 Mar del néctar, 96
 Mares, 96
 Markab
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso y Andrómeda, 75
 Markab, 77
 Marte 3, satélite y sonda, 111
 Marte, 98-99
 Planetas, 96
 Sistema Solar, 86
 Masa
 Estrellas, 78
 Júpiter, 86, 100, 116
 Marte, 86, 116
 Mercurio, 86, 116
 Neptuno, 87, 116
 Planetas, 86-87, 116
 Plutón, 87, 116
 Saturno, 87, 116
 Sol, 118
 Tierra, 86, 116
 Urano, 87, 116
 Venus, 86, 116
 Matar, 75
 Material silíceo, 95
 Mecanismo de cierre, 114
 Mecanismo de cierre, cable, 114
 Megrez, 75
 Mendel, 97
 Mendeleeff, 97
 Menkalinan, 77
 Menkar
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Menkent, 77
 Merak, 75
 Mercurio, 90-91
 Planetas, 116
 Sistema Solar, 86
 Mersennus, 96
 Mesa, 76
 Estrellas del sur, 77
 Mesesfera, 95
 Metano
 Atmósfera de Júpiter, 101
 Atmósfera de Saturno, 105
 Neptuno y Plutón, 106-107
 Urano, 104-105
 Meteorito de piedra, 108
 Meteorito rico en hierro, 108
 Meteorito, 119
 Asteroides, Cometas y
 Meteoroides, 108
 Cráter radial, 90
 Cara oculta de la Luna, 97
 Tierra, 94
 Meteoro, 119
 Asteroides, Cometas y
 Meteoroides, 108
 Meteoroides, 108-109, 119
 Sistema Solar, 86
 Metis, 117
 Metis, región de, 92
 Miaplácido, 77
 Miguel Ángel, 91
 Milankovic, 99

Milne, 97
 Milton, 91
 Minas
 Lunas de Saturno, 102
 Lunas, 117
 Mimosa, 77
 Minkaka, 74
 Mira
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 - del eje polar, 110
 Mirach
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso y Andrómeda, 75
 Miranda
 Lunas de Urano, 104
 Lunas, 117
 Mirfak
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Mirzam
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Perro Mayor, 77
 Misión lunar Apolo 76, 115
 Mirar, 75
 Módulo de ascenso, 115
 Módulo de descenso, 115
 Módulo de mando, 115
 Módulo de reentrada, 112
 Módulo de servicio, 115
 Módulo lunar, 115
 Moléculas de gas, 109
 Monóxido de carbono
 Atmósfera de Marte, 99
 Atmósfera de Venus, 93
 Montañas Atlas, 95
 Monte Ascreo, 99
 Monte Gula, 93
 Monte Hathor, 93
 Monte Olimpo, 98-99
 Monte Pavonis, 99
 Monte Sif, 93
 Monte de Arvia, 99
 Montes Apeninos, 96
 Montes Caloris, 91
 Montes Cordillera, 97
 Montes Jura, 96
 Montes Rook, 97
 Montes de Akna, 93
 Montes de Maxwell
 Estructura de Venus, 93
 Mapa en radar de Venus, 62
 Monteverdi, 91
 Montura ecuatorial, 110
 Motor auxiliar de control de
 reacción, 115
 Motor de alabeo, 111
 Motor de control en popa, 112
 Motor de control en proa, 112
 Motor de control de reacción, 112
 Motor del descenso final, 111
 Motor de descenso, 115
 Motor de la antena, 114
 Motor de manobras, 112
 Motor electromecánico, 114
 Motor trasero, 112
 Motor del panel solar, 114
 Motores principales, 112
 Movimiento orbital
 Coías de cometas, 108
 Órbitas de los planetas
 exteriores, 87
 Movimiento retrógrado, 119
 Mu de Andrómeda, 75
 Mu de Orión, 74
 Mu de Pegaso, 75
 Multifén, 77

N
 NGC 147 (galaxia elíptica), 118
 NGC 1566 (galaxia de Seyfert), 69
 NGC 185 (galaxia elíptica), 118
 NGC 207 (galaxia elíptica), 118
 NGC 221 (galaxia elíptica), 118
 NGC 2997 (galaxia espiral), 68
 NGC 4406 (galaxia elíptica), 67
 NGC 4486 (galaxia elíptica), 68
 NGC 5236 (galaxia espiral), 67
 NGC 5754 (galaxia en
 colisión), 69
 NGC 6656 (cúmulo globular), 77
 NGC 6822 (galaxia irregular)
 Grupo local de galaxias, 118
 Objetos en el Universo, 67
 Nairad, 117
 Nair Al Zaurak
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Nash, 77
 Navka, 93

Nariz con computador, 112
 Nebina
 Atmósfera de Saturno, 103
 Atmósfera de Venus, 93
 - baja, 93
 Nebulosa Trífida, 72
 Nebulosa de Orión, 73
 Nuestra galaxia y galaxias
 cercanas, 71
 Orión, 74
 Nebulosa de emisión, 119
 Gran Nube de Magallanes, 68
 Nebulosas y cúmulos
 estelares, 72-73
 Objetos del Universo, 67
 Vía Láctea, 70
 Nebulosa de la Cabeza de
 Caballo, 72
 Nebulosa de la Hélice, 73
 Nebulosa de la Laguna, 77
 Nebulosa de la Roseta, 67
 Nebulosa de la Tarántula, 82-83
 Gran Nube de Magallanes, 68
 Nebulosa de reflexión, 119
 Nebulosas y cúmulos
 estelares, 72
 Nebulosa del cangrejo, 84
 Nebulosa oscura, 119
 Nebulosas y cúmulos de
 estrellas, 72
 Nebulosa planetaria
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Nebulosas y cúmulos
 estelares, 73
 Nebulosas, 72-73, 119
 Estrellas pequeñas, 80
 Estructura de nebulosa, 80
 Galaxias, 68-69
 NGC 1566 (galaxia Seyfert), 69
 Vía Láctea, 70-71
 Vida de estrella pesada, 82
 Neón, 91
 Neptuno, 106-107
 Planetas, 116
 Sistema Solar, 87
 Nereida, 117
 Neutrón
 Estrellas de neutrones y
 hoyos negros, 84
 Fusión nuclear en el Sol, 78
 Neutrino, 119
 Emisión energética del Sol, 78
 Niebla de hielo, 98
 Niebla, 98-99
 Níquel
 Estructura de Venus, 93
 Estructura de la Tierra, 95
 Nitrógeno
 Atmósfera de Marte, 99
 Atmósfera de Plutón, 107
 Atmósfera de Venus, 93
 Atmósfera terrestre, 95
 Nebulosa de la Hélice, 73
 Nivelador, 110
 Norteamérica, 94
 Nu de Andrómeda, 75
 Nu de Orión, 74
 Nube Magallánica
 Estrellas del sur, 76
 Grupo local de galaxias, 118
 Hidra y Mesa, 76
 Nuestra galaxia y galaxias
 cercanas, 71
 Nube de Oort, 108
 Nube de gas
 Nebulosas y cúmulos
 estelares, 72-73
 Origen y expansión del
 Universo, 66-67
 Vía Láctea, 70
 Nube de polvo
 Anillos y fajas de polvo, 104
 Imagen óptica de Centauro
 A, 69
 NGC 2997 (galaxia espiral), 68
 Nebulosa Trífida, 72
 Nebulosa del Caballo, 72
 Nubes
 Júpiter, 100-101
 Marte, 98-99
 Neptuno, 106-107
 Saturno, 102-103
 Tierra, 95
 Urano, 104-105
 Venus, 92-93
 - de gran altura
 Júpiter, 101
 Neptuno, 106
 - de polvo y gas
 Estrellas pequeñas, 80
 Nebulosas y cúmulos
 estelares, 72-73
 Origen y expansión del
 universo, 67

Vía Láctea, 70-71
 Vida estrella pesada, 80
 Núcleo
 Asteroides, Cometas y
 Meteoroides, 108-109
 Galaxias, 68-69
 Vista lateral de nuestra
 galaxia, 70
 Vista superior de nuestra
 galaxia, 70
 Estrella pesada, 82-83
 Estrellas de neutrones y hoyos
 negros, 84-85
 Estrellas pequeñas, 80-81
 Estructura de Júpiter, 101
 Estructura de Marte, 99
 Estructura de Mercurio, 91
 Estructura de Neptuno, 107
 Estructura de Plutón, 107
 Estructura de Saturno, 103
 Estructura de Urano, 105
 Estructura de Venus, 93
 Estructura de un cometa, 109
 La Luna, 96
 Nebulosa de la Hélice, 73
 - de Helio, 78
 - de Helio, 78
 - de deuterio, 78
 - de silicatos, 107
 - estelar
 Formación de un hoyo
 negro, 85
 Nebulosa de la Hélice, 73
 - exterior semi-sólido, 97
 - galáctico, 68-69
 - interno
 Estructura de la Tierra, 95
 Cara oculta de la Luna, 97
 - semi-sólido, 93
 Nunki
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Sagitario, 77

O
 Oberón
 Lunas, 117
 Lunas de Urano, 104
 Observación del espacio,
 110-111
 Oca (Giras)
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Océano Atlántico Sur, 95
 Océano Pacífico, 94
 Océano de las Tormentas, 96
 Océanos, 94-95
 Océano Atlántico, 94
 Ocular, 110
 Ofelia, 117
 Oficio
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Estrellas más cercanas, 118
 Oliva, 108
 Omega de Centauro, 77
 Omicron de Andrómeda, 75
 Omicron de Orión, 74
 Omicron de Sagitario, 77
 Omicron' de Perro Mayor, 77
 Onda de choque inversa, 83
 Onda de choque, 83
 Ondas de radio
 Pulsar, 84
 Radioimagen de Centauro
 A, 69
 Órbita elíptica, 86
 Órbita, 119
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 74
 Órbitas planetarias
 exteriores, 87
 Órbitas planetarias
 interiores, 86
 Órbitas planetarias
 internas, 87
 Órbitas planetarias, 86-87
 Orión
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Estrellas más brillantes, 118
 Formación estelar en
 Orión, 80
 Osa Mayor, 75
 Estrellas del norte, 74
 Estrellas más cercanas, 118
 Osa Mayor, 118
 Osa Menor
 Estrellas del sur, 77
 Estrellas del norte, 74
 Grupo local de galaxias, 118

Óvalo
 Características nubes
 Saturno, 102
 Estructura de Saturno, 103
 - blanco
 Júpiter, 100-101
 Saturno, 102
 Oxígeno
 Atmósfera de Marte, 99
 Atmósfera de Mercurio, 91
 Atmósfera de la Tierra, 95
 Estructura de supergigante
 roja, 82
 Nebulosa de la Hélice, 73

P
 PLSS, 112-113
 Pan, 117
 Pandora, 117
 Panel de acceso
 Apolo 76, 115
 Telescopio Espacial
 Hubble, 110
 Panel de control sistema
 emergencia, 113
 Panel solar
 Lunokhod 1, 114
 Marte 3, 111
 Telescopio Espacial
 Hubble, 110
 Parabrías de la tripulación, 112
 Pared de Vesta, 93
 Parsec, 119
 Partículas de polvo, 109
 Pasifa, 117
 Pasteur, 97
 Pastor, 118
 Pata de aterrizaje, 115
 Pátera de Cleopatra, 93
 Pátera de Safo, 93
 Pastova, 93
 Pavo real, 76
 Pavo, 76
 Peece
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Grupo local de galaxias, 118
 - del Sur
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pegaso
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Grupo local de galaxias, 118
 Pegaso y Andrómeda, 75
 Penumbra
 Eclipse solar, 88
 Manchas solares, 88
 Pequeña Nube de Magallanes
 Estrellas del sur, 76
 Grupo local de galaxias, 118
 Hidra y Mesa, 76
 Nuestra galaxia y galaxias
 cercanas, 71
 Pequeño Punto Oscuro, 106-107
 Perseo, 119
 Perhelio, 119
 Planetas, 86-87, 116
 Período de rotación
 Planetas, 116
 Sol, 116
 Venus, 92
 - ecuatorial, 116
 Período orbital, 119
 Lunas, 117
 Planetas, 116
 Permafrost de hielo, 99
 Perpendicular al plano orbital
 Júpiter, 100
 Luna, 96
 Marte, 98
 Mercurio, 90
 Neptuno, 106
 Plutón, 107
 Pulsar, 84
 Saturno, 102
 Tierra, 94
 Urano, 104
 Venus, 92
 Perro Pequeño, 65
 Perseo
 Estrellas del sur, 76
 Estrellas del norte, 75
 Pesebre, 74
 Petavrus, 96
 Pi de Can Mayor, 77
 Pi de Pegaso, 75
 Pi de Sagitario, 77
 Pi' de Orión, 74
 Pi' de Orión, 74
 Pi' de Orión, 74

- Pi' de Orion, 74
Pi' de Orion, 74
Pico central
Cráteres de Venus, 92
Degas y Bronte, 90
Pictor, 77
Pinzas largas de Apolo, 113
Pitatus, 96
Placa Africana, 94
Placa Antártida, 94
Placa Filipina, 94
Placa Helénica, 94
Placa Indo-Australiana, 94
Placa Pacífica, 94
Placa de Anatolia, 94
Placa de Arabia, 94
Placa de cocos, 94
Placa de Nazca, 94
Placa de Norteamérica, 94
Placa de Suramérica, 94
Placa del Caribe, 94
Planck, 97
Planeta menor, 119
Planeta, 119
Planetas
Júpiter, 100-101
Luna, 96-97
Mercurio, 90-91
Neptuno, 106-107
Plutón, 106-107
Saturno, 102-103
Sistema Solar, 86-87
Tierra, 94-95
Urano, 104-105
Venus, 92-93
-rocinos
Marte, 98-99
Mercurio, 90-91
Sistema Solar, 86-87
Tierra, 95-96
Venus, 92-93
Planicie Boreal
Estructura de Mercurio, 91
Polo Norte de Mercurio, 91
Planicie de Acidalia, 99
Planicie de Amu
Estructura de Venus, 93
Mapa de radar de Venus, 92
Planicie de Arcadia, 99
Planicie de Argyre, 99
Planicie de Atalanta, 92
Planicie de Budh, 91
Planicie de Chryse, 99
Planicie de Giumvere
Estructura de Venus, 93
Mapa en radar de Venus, 92
Planicie de Helena, 92
Planicie de Lavinia
Estructura de Venus, 93
Mapa en radar de Venus, 92
Planicie de Niobe
Estructura de Venus, 93
Mapa en radar de Venus, 92
Planicie de Sedna
Estructura de Venus, 93
Mapa en radar de Venus, 92
Planicie de Sobkou, 91
Planicie de Timatin, 93
Planicie del Amazonas, 99
Plano galáctico, 70-71
Plano orbital, 119
Júpiter, 100
Luna, 96
Marte, 98
Mercurio, 90
Neptuno, 106
Plutón, 107
Pulsar, 84
Saturno, 102
Tierra, 94
Urano, 104
Venus, 92
Plataforma de entrada/salida, 115
Plateau
Anillos de Neptuno, 106
Estructura de Neptuno, 107
Platón, 96
Pleyades, 72
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 70
Pluma, 101
Plutón, 106-107
Lunas, 117
Planetas, 116
Sistema Solar, 87
Polars
Estrellas del norte, 74-75
Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 70
Polígono, 91
Polo Galáctico Norte, 71
Polo Galáctico Sur, 71
Polo Norte
Júpiter, 100
Luna, 96
Marte, 98
Mercurio, 90
Neptuno, 106
Plutón, 107
Pulsar, 84
Saturno, 102
Tierra, 94
Urano, 104
Venus, 92
Polo Sur
Júpiter, 100
Marte, 98
Mercurio, 90
Neptuno, 106
Plutón, 107
Pulsar, 84
Saturno, 102
Tierra, 94
Urano, 104-105
Venus, 92
Polos celestes, 119
Estrellas del norte, 74
Polux
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Polvo
Asteroides, Cometas y Meteoroides, 108-109
Cara oculta de la Luna, 97
NGC 2997 (galaxia espiral), 68
Nebulosas y cúmulos estelares, 72-73
Origen y expansión del Universo, 67
-de silicatos, 109
Porrima, 77
Positron, 78
Potasio, 91
Proxima de Centauro
Estrellas del norte, 74
Estrellas más cercanas, 118
Praxiteles, 91
Presión, 91
Formación de hoyo negro, 85
Hoyo negro estelar, 85
-atmosférica, 92
Procesador biológico, 111
Procion
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Estrellas más brillantes, 118
Prometeo, 117
Protuberancia enlazada, 88-89
Protuberancia, 88-89
Protón, 78
Protección volcánica, 98
Proteo
Lunas de Neptuno, 106
Lunas, 117
Protoestrella, 119
Estrellas pequeñas, 80
Vida de una estrella pesada, 82
Protogalaxias, 66-67
Protuberancia solar, 88-89
Prúta, 117
Psi de Sagitario, 77
Protonio, 96
Puck, 117
Pulsar, 119
Estrellas de neutrones y hoyos negros, 84
Punta moldeada, 113
Punto caliente, 85
Punto de Anne, 103
Punto Rojo, 100-101
Puppis
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Pyroxeno, 108
Pyxis, 74
Quasar, 67
Quasar (objeto cuasi estelar), 119
Galaxias, 68
Objetos del Universo, 67
Origen y expansión del Universo, 66-67
Quasar, Nucleo, 69
Quila, 118
R
Radar de acoplamiento, 115
Radiación ultravioleta, 78
Radiación cósmica de fondo, 66
Radiación de alta energía, 78
Radiación de baja energía, 78
Radiación de fondo, 66
Radiación de microondas, 6
Radiación de partículas, 119
Radiación electromagnética, 119
Radiación infrarroja
Emisión energética del Sol, 78
Mapa infrarrojo de nuestra galaxia, 71
Radiación, 119
Emisión energética desde el Sol, 78
Galaxias, 68-69
Nebulosas y cúmulos estelares, 72
Observación del espacio, 110
Tierra, 94
Universo, 66
Radiador
Lamokhod, 1, 114
Marte, 3, 111
Vostok, 1, 112
-de refrigeración, 114
Radiogalaxias, 68-69
Radonmagen
3C 873 (quásar), 69
Centauro A, 69
Radio lóbulo, 69
Radio, 103
Radio, 114
Radiomapa de nuestra galaxia, 71
Radiomapa panorámico de nuestra galaxia, 71
Radiotelescopio, 110
Ras Algeti, 76
Ras Alhague
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Ray
Mercurio, 110
Cara visible de la Luna, 96
Rayo de luz incidente, 110
Rayos gamma, 78
Brazo para tomar muestras, 111
Reflector del calentador, 114
Reflector, 110
Región Alfa
Estructura de Venus, 93
Mapa de radar de Venus, 92
Región de Bell
Estructura de Venus, 93
Mapa de radar de Venus, 92
Región de Epsilon
Estructura de Venus, 93
Mapa de radar de Venus, 92
Región de Focche, 92
Región de Onda
Estructura de Venus, 93
Región de Temis, 92
Región de Tetis, 92
Región de formación de estrellas, 72
Región del Polo Norte magnético, 84
Región del Polo Sur magnético, 84
Región sísmica lunar, 97
Región sísmica, 95
Región sin estudiar
Degas y Bronte, 90
Estructura de Mercurio, 91
Región de Tellus
Estructura de Venus, 93
Mapa de radar de Venus, 92
Región de Tellus, 92
Régulo
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Relampago, 101
Renor, 91
Resto de supernova en Vela, 73
Restos de supernova, 119
Imagen en rayos-X de la Nebulosa del Cangrejo, 84
Nebulosas y cúmulos estelares, 72-73
Reticulo, 76
Rhea, 117
Rigel
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Estrellas más brillantes, 118
Orion, 74
Río Amazonas, 94
Río Erandio, 118
Ritchey, 99
Ro, de Sagitario, 77
Roca fracturada, 90
Roca, 90
Roche, 97
Ropa interior refrigerada por líquido, 113
Rosadina, 117
Rotación planetaria, 86
Rubens, 91
Rueda, 114
S
Sabik, 76
Socajawea, 93
Sagitario, 77
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Grupo local de galaxias, 118
Salura
Estructura de la Tierra, 95
Vistas por satélite de la Tierra, 94
Saif, 74
Saleite, 119
Observación espacial, 110-111
Satélites artificiales, 119
Satélites naturales, 119
La Luna, 96
Saturno, 102-103
Lunas, 117
Planetas, 116
Sistema Solar, 87
Selcan
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Pegaso y Andrómeda, 75
Schedar, 75
Schickard, 96
Schrodinger, 97
Schubert, 91
Scoster, 106-107
Segundo-luz, 119
Selector del modo de presión, 113
Selva tropical
Estructura de la Tierra, 95
Vistas en satélite de la Tierra, 94
Sensor de contacto con superficie, 115
Sensor para navegación, 111
Serpens Caput
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Serpens Cauda
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Sextante
Estrellas del sur, 76
Grupo local de galaxias, 118
Seyfert, 97
Shaula
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Shelley, 91
Siete Hermanas, 77
Sigma Can Mayor, 90
Silicio, 82
Singularidad, 119
Hoyo negro estelar, 85
Formación de hoyos negros, 85
Sinope, 117
Sirio
Can Mayor, 77
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Líneas de absorción espectral, 79
Magnitudes estelares, 78
Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 71
Sirio A
Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
Estrellas más brillantes, 118
Estrellas más cercanas, 118
Sirio B
Diagrama de Hertzsprung-Russell, 79
Estrellas más cercanas, 118
Sistema Solar, 86-87, 119
Sistema de anillos, 119
Sistema de navegación, 111
Sistema planetario doble
Plutón, 106
Tierra, 94
Sistema portátil de emergencia, 112-113
Shipper, 99
Bota lunar, 113
Sodio, 91
Sofocles, 91
Sol, 88-89, 119
Colas de cometas, 108
Eclipse de sol, 88, 117, 119
Emisión energética del Sol, 78
Estrellas más brillantes, 118
Estrellas más cercanas, 118
Estrellas, 78-79
Objetos del Universo, 67
Sistema Solar, 86-87
Via Láctea, 70-71
Sombras de las nubes, 106
Soporte del chasis, 114
Soporte del trípode, 110
Stoller, 96
Strindberg, 91
Supercúmulos, 66
Superficie granulada
Estructura del Sol, 89
Manchas solares, 88
Supergigante roja
Estrellas pesadas, 82-83
Estrellas, 78-79
Supergranulo, 89
Supernova, 119
Estrellas de neutrones y hoyos negros, 85
Estrellas pesadas, 82-83
Nebulosas y cúmulos estelares, 72
Sudamérica
Estructura de la Tierra, 95
Vistas por satélite de la Tierra, 94
T
Talo de Lارس, 99
Tanque de combustible para descenso final, 111
Tanque de propulsor del motor, 111
Tanque externo, 112
Tau de Orión, 74
Tau de Sagitario, 77
Tebas, 117
Telescopio Espacial Hubble, 110
Telescopio de rayos-X, 114
Telescopio refractor, 110
Telescopios, 110
Telesio, 117
Temperatura
Hoyo negro estelar, 85
Formación de hoyo negro, 85
Planetas, 116
-capa de nubes
Estructura de Júpiter, 101
Estructura de Neptuno, 107
Estructura de Saturno, 103
Estructura de Urano, 105
-cromosfera, 89
-de la Fotosfera
Características superficiales del Sol, 88
Estructura del Sol, 89
-de la corona, 89
-del núcleo
Estructura de Júpiter, 101
Estructura de Saturno, 103
Estructura de Urano, 105
Estructura de estrella
secuencia principal, 80
Estructura de gigante roja, 81
Estructura de la Tierra, 95
Estructura de supergigante roja, 82
Estructura del Sol, 89
Sol, 116
-superficie
Estrellas, 78
Estructura de Marte, 99
Estructura de Mercurio, 91
Estructura de Neptuno, 107
Estructura de Venus, 93
Estructura de la Tierra, 95
Estructura de supergigante roja, 82
Estructura estrella secuencia principal, 80
Planetas, 116
Sol, 89
Teoría del Big Bang, 119
Universo, 66-67
Termosfera
Atmósfera de Marte, 99
Atmósfera de Venus, 94
Atmósfera de la Tierra, 95
Terrenitos, 94
Teta de Andrómeda, 75
Teta de Pegaso, 75
Teta de Pegaso, 75
Teta, de Sagitario, 77
Tetis
Lunas de Saturno, 102
Lunas, 117
Thalassa, 117
Tholus de Ceramio, 99
Tico, 96
Tierra de Afrodita, 92-93
Tierra de Ishtar, 92-93
Tierra de Lada
Estructura de Venus, 93
Mapa en radar de Venus, 92
Tierra, 94-95
Eclipse solar, 88
Emisión de energía desde el Sol, 78
Fases de la Luna, 97
Objetos en el Universo, 67
Planetas, 116
Sistema Solar, 86
Timón y freno de velocidad, 112
Tipos de estrellas
Estrellas más brillantes, 118
Estrellas más cercanas, 118
Sol, 116
Tipos espectrales, 78-79
Titán, 117
Titania
Lunas de Urano, 104
Lunas, 117
Tolstoi, 91
Topografía de la corteza terrestre, 94
Tormenta ciclónica
Estructura de Marte, 99
Estructura de Neptuno, 106
Estructura de la Tierra, 95
Tormenta de polvo, 94
Tormentas anticiclónicas
Características de las nubes de Neptuno, 106
Estructura de Saturno, 103
Júpiter, 100-101
Toro (Tauro)
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Trípode, 110
Traje espacial "Orlan D", 113
Traje espacial Vostok, 113
Traje espacial de Apolo 9, 113
Traje espacial multicapa, 113
Traje integrado antimeteorito y térmico, 113
Trajes espaciales, 113
Transbordador, 112
Trapecio, 73
Trayectoria orbital de la Luna, 97
Triángulo
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Grupo local de galaxias, 118
Trítón
Lunas de Neptuno, 106
Lunas, 117
Troposfera
Atmósfera de Marte, 99
Atmósfera de Júpiter, 101
Atmósfera de Saturno, 103
Atmósfera de Venus, 93
Atmósfera terrestre, 95
Tsvolkovsky, 97
Tubo de Telescopio, 110
Tundra, 94
Tyagaraja, 91
U
UV Ceti A, 118
Umbría
Eclipse solar, 88
Manchas solares, 88
Umbriel
Lunas de Urano, 74
Lunas, 117
Uncornio
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Unidad astronómica, 119
Universo, 66-67
Unukalhai, 77
Upsilon de Sagitario, 77
Urano, 104-105
Planetas, 116
Sistema Solar, 87
V
Valle del Mariner, 99
Valmiki, 91
Válvula de escape, 113
Válvula de respiración, 113
Van Eyck, 91
Van de Graaf, 97
Vapor de agua
Atmósfera de Marte, 99
Atmósfera de Júpiter, 101
Atmósfera de Saturno, 103
Atmósfera de Venus, 93
Atmósfera terrestre, 95
Vastitas Borealis, 99
Vega
Estrellas del sur, 76
Estrellas del norte, 75
Estrellas más brillantes, 118
Nuestra galaxia y galaxias cercanas, 71

Vela
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Velocidad de escape, 116
Velocidad orbital
Mercurio, 90
Planetas, 116
Sistema Solar, 86-87
Vendelínus, 96
Ventana, 115
Venus, 92-93
Planetas, 116
Sistema Solar, 86
Vía Láctea, 70-71, 119
Estrellas del sur, 76

Estrellas del norte, 74
Grupo local de galaxias, 118
Sistema Solar, 86
Vida de una estrella pequeña, 80-81
Vida de una estrella pesada, 82-83
Viento solar
Estructura de un cometa, 109
Sol, 88
Viking, 111
Virgo
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Visor lunar extravehicular, 113
Visor móvil, 113
Visor teñido, 113

Visor, 113
Vista lateral de nuestra galaxia, 70
Vista superior de nuestra galaxia, 70
Vistas por satélite de la Tierra, 94
Vivaldi, 91
Volans, 77
Volcán
Júpiter, 100
Marte, 98
Venus, 92
Von Karman, 97
Vostok 1, 112
Voyager 2, 111
Vulpecula, 75
Vyasa, 91

W
WLM (galaxia irregular), 118
Wagner, 91
Walter, 96
Wezen
Can Mayor, 77
Estrellas del norte, 74
Wiener, 97
Wolf 9119, 118

X
Xi de Orión, 74
Xi de Pegaso, 75
Xi de Sagitario, 77

Z
Zeami, 91
Zeeman, 97
Zeta de Centauro, 77
Zeta de Sagitario, 77
Zona
Estructura de Saturno, 103
Júpiter, 100-101
-Norte temperada, 101
-Norte tropical, 101
-Sur templada, 101
-Sur Tropical, 101
-convectiva
Estrella de secuencia principal, 80
Estructura del Sol, 89
-ecuatorial, 101
-radiativa
Estructura de estrellas secuencia principal, 80
Estructura del Sol, 89
Zubeneigenubi
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74
Zubeneschamali
Estrellas del sur, 77
Estrellas del norte, 74

Agradecimientos

Dorling Kindersley desea expresar su agradecimiento a:

John Becklake; al memorial Museum of Cosmonautics, Moscú; al Cosmos Pavillion, Moscú; al U.S. Space and Rocket Center, Alabama; al Broadhurst, Clarkson & Fuller Ltd

A Susannah Massey (coordinadora y traductora) y a Tatyana Alekseyevna, técnica y experta en Cosmonautics

Documentación gráfica:

Catherine O'Rourke, Anna Lord

Créditos de las ilustraciones:

The Planetarium, Armagh/Anglo-Australian Telescope Board 67csd, 67ciiz, 68sd, 68i, 69siz, 70siz, 72i, 73s, 73iiz, 78siz; D. Malin 72siz, 82sd, 83siz; ESA/PLV 67iiz; NASA/JPL 65cd, 67id, 86s, 86iiz, 86id, 87iiz, 90s, 96siz, 96cd, 100cd, 102cd, 104sd, 106ic, 108cd, 115ic, 115iiz; NASA 100siz; Royal Observatory, Edinburgh/D. Malin 67siz, 67cd, 68c, 72ciz, 72cd, 73id; Tom Van Sant/Geosphere Project, Santa Monica/Science Photo Library

94 ciz, 94cd; Duncan Brown 81, 112i; Geoff Dann 65li; Jet Propulsion Laboratory 67cid, 86ic, 87ic, 87ide, 94siz, 98cdi, 100ci, 100cid, 100ic, 100id, 102siz, 102cd, 102ci, 102ic, 102id, 106siz, 106cds, 106ciz, 106c, 106cd, 106id, 111sd, 111cd, 112siz, 114siz; The Lund Observatory 71i; National Optical Astro Observatory 108sd; Science Photo Library 66iiz, 84s; Jodrell Bank 62cd, 67sd, 69c; Hale Observatories 88id; Dr. William C. Keel 69id; Denis Milon 108iiz; NASA 67ciz, 68siz, 71sd, 87id, 88s, 90cd, 91siz, 92siz, 92cd, 92ciz, 92i, 98cd, 98id, 108siz; NASA/AUI 69sd; Novosti Press Agency 98ic; David Parker 110siz; Max Planck Institute for Radio Astronomy 71siz; Rev. Ronald Royer 88cd; US Geological Survey/Science Photo Library 3, 86icd, 98siz, 98iiz; Floor of the Oceans, by Bruce C. Heezen and Marie Tharp 1975. © Marie Tharp 1980. Reproduced by permission of Marie Tharp, 1 Washington Ave, South Nyack, NY 10960, USA 94i. **Cubierta:** The Planetarium, Armagh/Anglo-Australian Telescope Board; NASA/JPL; Jet Propulsion Laboratory; Science Photo Library/NASA; Max Planck Institute for Radio Astronomy; US Geological Survey

(s=superior, c=centro, i=inferior, iz=izquierda, d=derecha)

Vida Prehistórica

A
Abdomen, 147
Abedul, Mioceno, 134
Acanthostega gunnari, 152
Acantoideos, 150
Aegypnothecus, 134, 174-175
Acluroidea, 168
África
Evolución de los elefantes, 172
Evolución del hombre moderno, 172
Posición en el Eoceno, 135
Posición en el Jurásico, 133
Posición en el Ordovícico Medio, 131
Aglaophyton
Cronograma, 178
Descripción, 136
Alce, 170
Aleta anal
Cheiracanthus, 150
Eusthenopteron, 151
Hoplopteryx, 151
Lampreas, 149
Aleta caudal
Eusthenopteron, 151
Lampreas, 149
Panderichthys, 151
Aleta caudal radial
Hoplopteryx, 151
Aleta dorsal anterior
Lampreas, 149
Aleta dorsal
Cheiracanthus, 150
Aleta dorsal posterior Lamprea, 149
Aleta dorsal radial
Hoplopteryx, 151
Aleta media, 148
Aleta Pectoral
Cephalaspis, 148
Cheiracanthus, 150
Eusthenopteron, 151
Heliobatis, 150
Hoplopteryx, 151
Panderichthys, 151

Aleta pélvica
Eusthenopteron, 151
Panderichthys, 151
Heliobatis, 150
Hoplopteryx, 151
Undina, 151
Aletas
Anfibios, 152-153
Peces modernos, 150-151
Peces primitivos, 148-149
Aletas de reptiles marinos, 156
Aletas pectorales pares, 148
Alga parda, 136
Algas
Antecesores de las plantas esporozoarias, 136
Cronograma, 178
Evolución, 128-129
Ammonites, 144
Amniotas
Descripción, 154-155
Origen, 152
Amplexograptus maxwelli, 142
Ampolla, 147
Andrias scheuchzeri, 153
Anélidos
Cronograma, 176
Descripción, 142-143
Anémonas marinas, 142-143
Anfibios
Cronograma, 177
Descripción, 152-153
Surgimiento, 130
Angiospermas, 140
Angular, hueso
Cráneos de vertebrados, 153
Ichthyosaurus, 157
Año, 144
Anquilosaurio, 162-163
Antártica
Posición en el Eoceno, 135
Posición en el Jurásico, 133
Posición en el Ordovícico Medio, 131
Antera, 141
Aorta, 148

Aorta dorsal, 148
Apatosaurus, 160
Apertura de la teca, 142
Apertura nasal
Archaeopteryx, 165
Gomphotherium, 172
Hesperornis, 165
Aperturas del cráneo
Arcosaurus, 158
Tipo reptiles, 154-155
Aperturas salidas de agua
Carpoid, 146
Áptico, 144
Arabia
Posición en el Jurásico, 133
Arañas, 146
Arco cigomático
Cynognathus, 155
Psittacosaurus, 162
Glyptodon, 167
Hyaenodon, 169
Merycodon, 171
Moeritherium, 172
Smilodon, 169
Stegodon, 172
Toxodon, 170
Arco del hombro
Eryops, 152
Arco pélvico
Tipo dinosaurio, 160-161
Tyrannosaurus, 160
Cryptoclidus, 156
Heliobatis, 150
Peces aletas lobuladas, 151
Peces aletas radiales, 151
Smilodon, 168
Arco, Quitón, 145
Arcosauriomorfo, 158-159
Arcosaurus
Cronograma, 177
Descripción, 158-163
Arctoides, 168
Archaeopteryx lithographica, 164-165
Arista, 141
Armadillos, 166

Arquegonio, 137-139
Arrecifes de coral, 130
Arisoitherium, 135
Articulación de la cadera
Archaeopteryx, 164
Articulación de la mandíbula
Benthosuchus, 132
Ursus spelaeus, 168
Artiodáctilos, 170-171
Artropodos
Aparición, 130
Cronograma, 176
Descripción, 146-147
Asia
Posición en el Eoceno, 135
Posición en el Jurásico, 133
Asia Central Posición en el Ordovícico Medio, 135
Aspidocéfalos, 148
Asteroceas obtusum, 144
Asterophyllites, 136
Australia
Mamíferos, 134
Posición en el Eoceno, 135
Posición en el Jurásico, 133
Posición en el Ordovícico Medio, 131
Australopthecus, 174
Avellanos, familia, 140
Avimimus, 160

B
Bacterias, 128-129
Ballenas, 154
Ancestros, 168
Concha molusco espiral, 145
Era Cenozoica, 134
Base alquitrán, 169
Base de alquitrán de La Brea, 169
Basilosaurus, 134
Belemnites, 146
Belemnites, 146-147
Camellos, 170
Cancellochus platys, 145
Canda foliifera, 143

Betula, 134
Bipedos, primeros conocidos, 158
Bisagra, línea, 145
Bisonte, 169-170
Bivalvos
Cronograma, 176
Descripción, 144-145
Borde del ojo
Patagopteryx, 164
Bothriolepis, 148
Boxwood, familia, 140
Bráctea, 140
Bráctea, escala, 138
Branquia, apertura, 149
Branquia, cámara, 148
Branquia, cubierta, 153
Branquia, rama, 153
Branquias
Ammonites, 144
Hoplopteryx, 154
Braguiópodos
Cronograma, 176
Descripción, 144-145
Braguiópodo
rynconellid, 145
Briófitos, 178
Briozorios
Cronograma, 176
Descripción, 142-143
Brontotherium, 170
Burgess Shale, Canadá, 142
Bythotrephes gracilis, 136

C
Caballos, 134, 170
Cainotherium, 170-171
Calcaneum Diprotodon, 167
Cámara de la branquia, 148
Cámara ingreso agua, Quitón, 145
Cámara polínica, 139
Cámara salida de agua, Quitón, 145
Camarones, 146-147
Camellos, 170
Cancellochus platys, 145
Canda foliifera, 143

Cañón de Bryce, 126
Cañón de Zion, 126
Caparazón
Camarón, 147
Glyptodon, 167
Caparazón cefálica, 143, 149
Caparazón dérmica
Glyptodon, 166
Caracoles, 144
Carnívoro, orden, 168
Carnívoros
Hechos claves de la Era Cenozoica, 135
Mamíferos, 168
Carnívoros modernos
Era Cenozoica, 135
Carnotaurus sastrei, 161
Carpo, 156
Carpoides, 146
Corporinaeus callirostris, 147
Cartilago radial, 150
Cavidad braquial
Ammonites, 144
Cavidad bucal, 148
Cavidad glenoidea, 172
Cedro japonés, 138
Cefalocordados, 148
Cefalon, 147
Cefalópodos
Cronograma, 176
Descripción, 144
Celentéreos, 142-143
Ceratósidos, 162
Cerebro complejo, 148
Cicadáceas Cronograma, 178
Cicadas
Ciclo de vida, 138-139
Cronograma, 178
Modernas, 132, 138-139
Trásica, 133
Cilios, 146
Citoplasma, 129
Cladodios, 178
Clavícula, 167
Clima del mundo, 130

Cloaca
Carnotaurus, 160
Euplocephalus, 163
Patagopteryx, 165
Cloroplastos, 129
Cocodrilos
Arcosaurios, 158-159
Era Mesozoica, 132
Codo
Eryops, 152
Pterodactylus, 158
Coelacanth
Cronograma, 177
Descripción, 151
Coelodonta, 170
Cola Camarón, 147
Cola de trébol
Euplocephalus, 162
Colepleuris paucituberculatus, 146
Columella, eje, 143
Columna vertebral
Hoplopteryx, 151
Columnal, 147
Compsognathus longipes, 160-161
Concha de mariposa, 145
Código
Daphnoeus, 169
Merycoidodon, 171
Córdoor, 169
Córdoor La Brea, 169
Condrictios, 150
Conducto reproductor
Euplocephalus, 163
Coníferas
Cronograma, 178
En el Mesozoico, 132
Gimnospermas, 138
Continentes, formación de, 128
Cooksonia
Cronograma, 178
En el Paleozoico, 130
Plantas Esporozoarias, 136
Coracioide
Carnotaurus, 161
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 159
Corales
Cronograma, 176
Descripción, 142-143
Corazón
Carnotaurus, 161
Patagopteryx, 165
Cordados, 176
Corna, 135
Corona, Lirio del mar, 147
Corpus, Grano de Polen, 139
Costilla cervical, 170
Costillas
Bivalvos, 145
Braquiópodos, 145
Cothurnocystis elizae, 146
Couperites mauldinensis, 141
Cráneo
Aegyptiopterus, 134
Archaeopteryx, 164
Bison, 171
Cainotherium, 171
Cynognathus, 155
Dimetrodon, 131
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Mammuthus primigenius, 173
Merycoidodon, 171
Neusticosaurus, 157
Phorusrhacus, 165
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 169
Stegoceras, 162
Stegodon, 172
Toxodon, 170
Cráneo
Cainotherium, 171
Cynognathus, 155
Gomphotherium, 172
Hesperornis, 165
Merycoidodon, 171
Moeritherium, 172
Phiomia, 172
Phorusrhacus, 165
Primeros Tetrapodos, 152
Sivatherium, 171
Stegodon, 172-173
Cráneo diápsido, 155
Cráneo, base Stegoceras, 162
Cráneo, parte superior Bisonte, 171
Cráneos sinápsidos, 155
Creodontos, 168
Cresta cefálica, 162-163
Cresta de la cola Acanthostega, 153
Cresta sagital
Daphnoeus, 169
Hyaenodon, 169
Merycoidodon, 171
Smilodon, 169
Toxodon, 170
Crinoideos, 146-147

Cronograma geológico, 126-127
Crustáceos
Cronograma, 176
Descripción, 146-147
Cryptoclidus eurymerus, 156
Ctenidium, 145
Cubierta de la cola Trilobites, 147
Cubierta de la Glabella, 147
Cuerno cefálico, 163
Cuerno frontal
Arsinoitherium, 135
Triceratops, 162
Cuerno nasal
Arsinoitherium, 135
Triceratops, 162
Cuernos
Bisonte, 171
Carnotaurus, 161
Sivatherium, 171
Triceratops, 162
Culantrillo, 138
Culebras, 177
Cúspides
Dientes de mamíferos, 166
Cyamodus, 157
Cyathocidites annulata, 137
Cycas revoluta, 132-133
Cyclothyrus difformis, 145
Cynognathus cruternotus, 155

CH

Cheiracanthus, 150
Chevrón
Cryptoclidus, 156
Eryops, 153
Euplocephalus, 163
Protoceratops, 162
China, posición en el
Ordovícico Medio, 131

D

Daphnoeus, 168-169
Deinosuchus, 158-159
Desertificación, 130
Desierto Pintado, 127
Diastema Ursus spelaeus, 168
Dicotiledóneas, 140
Dicroidium, 138
Didelphidae, 166
Didelphis albiventris, 166-167
Didymaspis, 148
Diente Canino
Aegyptiopterus, 134
Cynognathus, 155
Dimetrodon, 131
Hyaenodon, 169
Merycoidodon, 171
Smilodon, 169
Ursus spelaeus, 168
Dientes Carnívoros, 168
Dientes con cúspides, 166
Dientes de crecimiento continuo:
Glyptodon, 167
Peces, 150
Dígitos
Primeros tetrapodos, 152-153
Dimorocrinites icosidactylus, 147
Dimetrodon loomisii, 131
Dinictis, 135
Dinosaurios
Arcosauriomorfos, 158
Aparición, 132-133
Cronograma, 177
Descripción, 160-163
Extinción, 132-133
Ornitomorfos, 160-161
Saurisquios, 162-163
Dinosaurios acorazados, 162-163
Dinosaurios herbívoros, 162-163
Dinosaurios
marginocéfálicos, 162-163
Dinosaurios ornitomorfos
Comparación con saurisquios,
160-161
Descripción, 162-163
Dinosaurios ornitópodos, 162-163
Dinosaurios predadores, 160-161
Dinosaurios prosaurópodos, 160
Dinosaurios saurisquios, 160-161
Dinosaurios
sauropodomorfos, 160-161
Dinosaurios saurópodos, 160-161
Descripción, 160-161
En la evolución de los
animales, 164
Dióxido de carbono, 128
Diplocaulus magnicornis, 152
Diprotodon australis, 166-167
Disco apical
Erizo de mar, 146
Estrella de mar, 147
Diversificación Plantas con
flor, 140, 178

División Clasificación de las
plantas, 178
Doble fertilización, 140
Dunkleosteus, 148-149
E
Ecphora quadricostata, 134
Edaphosaurus, 154-155
Edentados, 166
Elátero Espora de equiseto, 136
Elefante africano, 172-173
Elefante indio, 172
Elefantes y sus familias, 172-173
Elytron, 147
Embrión
Cica, 139
Licopodio, 137
Plantas con flor, 141
Endosperma
Cica, 139
Plantas con flor, 141
Eoceno
En la Era Cenozoica, 134
En el cronograma geológico, 127
Mamíferos, 168-171
Eon Arcaico, 126, 128
Eon Panerozoico, 126-127
Eon Proterozoico
Cronograma geológico, 126
Época Precámbrica, 128-129
Eones
Cronograma geológico, 126-127
Época Precámbrica, 128-129
Epitoca, 143
Época Holoceno
En la Era Cenozoica, 134-135
En el cronograma geológico, 127
Época Mioceno
Cronograma geológico, 127
Era Cenozoica, 134-135
Hominoides, 174
Pájaros
Pastos, 140-141
Época Oligoceno
Cronograma geológico, 127
Elefantes, 172
Era Cenozoica, 134
Mamíferos carnívoros, 168
Mamíferos ungulados, 170
Primates, 174-175
Época Paleoceno
Cronograma geológico, 127
Era Cenozoica, 134
Mamíferos carnívoros, 168
Época Pleistoceno
Cronograma geológico, 127
Elefantes y su familia, 172
Era Cenozoica, 134-135
Mamíferos primitivos, 166
Mamíferos ungulados, 170
Época Plioceno
Cronograma geológico, 127
Elefantes y su familia, 172
Era Cenozoica, 134-135
Mamíferos ungulados, 170
Primates, 174
Época Precámbrica
artropodos, 146
Cronograma, 176
Cronograma geológico, 126
Descripción, 128-129
Época Prehistórica, 126-127
Épocas
Cronograma geológico, 126-127
Era Cenozoica, 134-135
Equinodermos
Cronograma, 176
Descripción, 146-147
Equisetos
Cronograma, 178
Descripción, 136
Equisetum giganteum, 136
Equisetum, espora, 136
Era Cenozoica
Descripción, 134-135
En el cronograma geológico, 127
Hechos claves, 134-135
Mamíferos, 168-175
Era Mezozoica
Arcosaurios, 158
Cronograma geológico, 127
Descripción, 132-133
Hechos claves, 132-133
Reptiles marinos, 156
Era Paleozoica
Cronograma geológico, 126-127
Descripción, 130-131
Hechos claves, 130-131
Invertebrados, 142-147
Primeros peces, 148-151
Eras, 126-127
Erizos de mar, 146
Eryops megacephalus, 152
Erythrosuchus, 158
Escala de ovulación, 138
Escala Ventral, 148

Escandinavia, ubicación en el
Ordovícico Medio, 131
Escorpiones, 146
Escorpiones marinos, 146-177
Escudo (caparazón)
Glyptodon, 167
Miami, 163
Escudo cefálico
Glyptodon, 167
Graptolites, 142
Esófago, 148
Esperma
Gimnospermas, 138
Plantas con flor, 140
Espina, 147
Espina del hombro
Euplocephalus, 163
Espina dorsal
Carnotaurus, 160
Cryptoclidus, 156
Eryops, 153
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 159
Hoplopteryx, 151
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 155
Espina dorsal, 148
Espina dorsal Raya, 150
Espinas ventrales intermedias
Cheiracanthus, 150
Espineta, 142
Esponja forma de vaso, 143
Esponjas
Cronograma, 176
Descripción, 142-143
Era Paleozoica, 130
Esporangio, 136-137, 139
Esporangioforo, 136
Esporas, 136-137
Esporas de helechos, 137
Espórifilo, 137, 139
Espórifito, 136-137
Esqueleto de coral, 143
Esqueletos cartilaginosos, 150
Esqueletos óseos, 150
Estambre, 140
Estegosaurios, 162-163
Esternón
Smilodon, 168
Toxodon, 170
Estigma, 141
Estilo, 140-141
Estómago *Euparkeria*, 159
Estomoceras, 130
Estrella de plumas, 146
Estróbilos, 136
Estrómatolito, 129
Estructura reticulada Grano de
polen, 141
Estructura vascular, 137
Eucariotas
Aparición, 126
Descripción, 128-129
Euplocephalus *tutus*, 162-163
Eupantothere, 167
Euparkeria capensis, 158-159
Europa
Posición en Eoceno, 135
Posición en Jurásico, 133
Posición en Medio
Posición en Ordovícico, 131
Eusthenopteron, 150-151
Evolución de las extremidades, 152
Exina Grano de polen, 138
Explosión de evolución, 142
Extinción masiva
Cronograma, 176
Era Mesozoica, 132
Era Paleozoica, 130-131
Extinción, hechos, 176
F
Falange
Archaeopteryx, 164
Australopithecus, 174
Compsognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Diprotodon, 167
Eryops, 152-153
Euparkeria, 158
Glyptodon, 166-167
Neanderthal, 167
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 168-169
Toxodon, 170
Familia canina, 168
Familia de comadrejas, 168
Familia de las focas, 168
Familia de las rosas, 140
Familia de los osos, 168
Familia del laurel, 140-141
Cycas revoluta, 132
Pastos, vainas, 141
Familia felina, 168

Familia liliáceas, 140
Faringe Pólipo de coral, 143
Fémur
Archaeopteryx, 164
Arsinoitherium, 135
Australopithecus, 174
Carnotaurus, 164
Compsognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 158
Glyptodon, 166
Neanderthal, 175
Patagopteryx, 165
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 155
Smilodon, 168
Tyrannosaurus, 160
Fenestella plebeia, 143
Fenestra (hueco)
Cráneos de reptiles primitivos, 153
Cryptoclidus, 156
Fíbula
Arsinoitherium, 135
Australopithecus, 174
Carnotaurus, 160
Compsognathus, 161
Diprotodon, 167
Eryops, 153
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 158
Neusticosaurus, 157
Peces aletas lobuladas, 151
Peces aletas radiales, 151
Sinokannemeyeria, 155
Smilodon, 168
Tyrannosaurus, 160
Filamento Plantas con flor, 141
Filum, 176
Flagelos, 129
Foramen (hueco)
Concha braquiópoda, 145
Cráneo aspidocéfálico, 148
Smilodon, 168
Formación de la Tierra, 128
Formación de petróleo, 130
Formación de petróleo y gas, 132
Formaciones rocosas, 126
Formas superficiales, 153
Fósiles de Ediacara, 128-129
Fragmocoeno, 144
G
Gameto masculino
Cicas, 139
Plantas con flor, 141
Gametofito, 136-137
Gametos Plantas, 136-141
Garra
Archaeopteryx, 164
Euparkeria, 159
Glyptodon, 166
Patagopteryx, 165
Pterodactylus, 158
Gastrópodos
Cronograma, 176
Descripción, 144-145
Gato de grandes dientes, 168-169
Generaciones alternadas, 136
Gimnospermas
Cronograma, 178
Descripción, 138-139
Ginko
Cronograma, 178
Evolución, 138
Polen, 138
Glabella, 147
Glaciación
En la Era Cenozoica
Grupos mamíferos
Glaciaciones del Pleistoceno
Era Cenozoica, 134
Elefantes, 172
Ungulados, 170
Primates, 174
Glándula salival, 145
Glyptodon reticulatus, 166-167
Gomphotherium, 172
Gónadas, 146
Gondwana, 129
Gota de polen, 139
Gran Cañón, 135
Granos de polen
Gimnospermas, 138-139
Plantas con flor, 141
Graptolites
Cronograma, 177
Descripción, 142
Groenlandia, 128, 131
Gubbio, Italia, 126
Gusano, 142
Gusanos
Cámbrico Temprano, 130
Polychaete, 142-143
Vello, 142

H

Hadrosaurios, 162-163
Hálix (dedo)
Archaeopteryx, 164
Carnotaurus, 161
Euparkeria, 158-159
Hálix invertido
Archaeopteryx, 164
Hallucigenia, 142
Haya, familia, 140
Helechos
Cronograma, 178
Descripción, 136-137
Helechos de semilla
Cronograma, 178
Descripción, 138
Helicoprion bessonowi, 131
Heliosaurus radians, 150
Hemicordados, 176
Helechos taloide, 136
Hepáticas, 136-178
Hesperornis, 164-165
Hexagonocaulon minutum
Hígado
Carnotaurus, 161
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 159
Himalayas, formación, 134
Historia de la Tierra, 126-129
Hojas escamosas, 138
Hombre, 174-175
Hombre Moderno
Era Cenozoica, 135
Evolución, 174
Hombre primitivo, 172
Hominoides, 174-175
Homo, 174
Homo erectus, 174-175
Homo habilis, 174-175
Homo rudolfensis, 174-175
Homo sapiens, 174-175
Homo sapiens neanderthalensis, 175
Homo sapiens sapiens, 135, 174
Hoplomenus, 168-169
Hoplopteryx lewesiensis, 150-151
Huevo antorbital
Hesperornis, 165
Huevo infratemporal
Cynognathus, 155
Dimetrodon, 131
Psittacosaurus, 162
Pterodactylus, 158
Sinokannemeyeria, 154
Triceratops, 162
Huevo obturador *Smilodon*, 168
Hueso articular
Archaeopteryx, 165
Hesperornis, 165
Osteodontornis, 165
Hueso cigomático
Aegyptiopterus, 175
Homo erectus, 175
Homo rudolfensis, 175
Neanderthal, 175
Hueso del opérculo
Hoplopteryx, 151
Hueso frontal
Aegyptiopterus, 175
Archaeopteryx, 165
Bisonte, 171
Cráneo de vertebrados, 153
Cráneos de reptiles, 155
Hesperornis, 165
Homo erectus, 175
Homo rudolfensis, 175
Hoplopteryx, 151
Ichthyosaurus, 157
Neanderthal, 175
Osteodontornis, 165
Phorusrhacus, 165
Hueso lacrimal
Esqueleto de reptiles, 155
Hoplopteryx, 151
Hueso nasal
Cainotherium, 171
Cynognathus, 155
Daphnoeus, 169
Hyaenodon, 169
Sivatherium, 171
Toxodon, 170
Hueso occipital
Aegyptiopterus, 134
Cráneos de vertebrados, 153
Cráneos tipo reptil, 155
Eryops, 152
Stegodon, 172
Hueso orbital, 171
Hueso pisiforme, 167
Hueso post-frontal
Cráneos de reptiles, 155
Ichthyosaurus, 157
Hueso post-orbital
Aegyptiopterus, 134
Archaeopteryx, 165
Cráneo de reptiles, 155

Hueso prefrontario
Psittacosaurus, 162
Hueso prefrontal
Archaeopteryx, 165
Esqueletos de reptiles, 155
Ichthyosaurus, 157
Hueso público Diprotodon, 167
Hueso tabular
Eryops, 152
Huesos de la cola
Pterodactylus, 158
Huesos de la mano
Lissamphibian, 153
Neusticosaurus, 157
Huesos del pie
Lissamphibian, 153
Neusticosaurus, 157
Huesos del rostro
Protoceratops, 162
Psittacosaurus, 162
Triceratops, 162
Huesos dentales
Archaeopteryx, 165
Cráneos de reptiles, 155
Cráneos de vertebrados, 153
Hesperornis, 165
Hoplopteryx, 151
Ichthyosaurus, 157
Osteodontornis, 165
Sinokannemeyeria, 154
Huevos
Amniotas, 154
Cicas, 139
Gimnospermas, 140
Plantas con flor, 140
Huevos herméticamente cerrados
Amniotas, 154
Húmero
Archaeopteryx, 164
Australopithecus, 174
Carnotaurus, 161
Compognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euoplocephalus, 163
Euparkeria, 159
Glyptodon, 166
Patagopteryx, 164
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Smilodon, 168
Hyacodon horridus, 168-169
Hydrophilus, 147
Hyponome, 144
Hypural, 151
Hyracotherium, 134, 170
I
Ictiosaurios, 132-133, 156
Ichthyornis, 164
Ichthyosaurus communis, 157
Ichthyosaurus megacephalus, 133
Ilio
Archaeopteryx, 164
Carnotaurus, 160
Cryptoclidus, 156
Dinosaurios ornitisquios, 161
Diprotodon, 167
Euoplocephalus, 163
Glyptodon, 166
Mimmi, 163
Neanderthal, 175
Patagopteryx, 165
Incisivo superior
Cainotherium, 171
Hoplophoeus, 169
Incisivos
Cainotherium, 171
Diprotodon, 167
Hoplophoeus, 169
Merycoidodon, 171
Toxodon, 170
India
Ubicación en el Eoceno, 135
Ubicación en el Jurásico, 133
Ubicación en el Ordovícico
Medio, 131
Insectos
Cronograma, 176
Descripción, 146-147
Insectos alados, 130
Intestino delgado
Carnotaurus, 161
Euoplocephalus, 163
Euparkeria, 159
Intestino grueso
Carnotaurus, 161
Euoplocephalus, 163
Patagopteryx, 165
Invertebrados
Cronograma, 176
Descripción, 142, 147
Invertebrados marinos, 146-147

Isquión
Archaeopteryx, 164
Carnotaurus, 160
Compognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Dinosaurios ornitisquios, 161
Dinosaurios sauriscios, 161
Diprotodon, 167
Euoplocephalus, 163
Glyptodon, 166
Neanderthal, 175
Protoceratops, 162
Sinokannemeyeria, 155
Smilodon, 168
Toxodon, 171
Tyrannosaurus, 160
J
Jaibas, 146
Jirafa, 170
K
Kieraspis, 148
L
Lagartos, 177
Lampreas
Cronograma, 177
Evolución, 148-149
Lancelet, 148
Lepidodendron
Arbol completo, 137
Corteza, 131
Lepidotrichia, 151
Licopodio
Cronograma, 178
Descripción, 136-137
Licopodio heterosporo, 136-137
Lilios de mar, 146-147
Límite Cretácico/Terciario, 126
Lobo peligroso, 169
Lóbulos
Trilobites, 147
Lóbulos ramificados
Ammonite, 144
Nautiloides, 133
Lóculo Plantas con flor, 141
Lophophore, 142
Lucy, 174
M
Magnolias, 140
Maníferos
Cronograma, 176-177
Descripción, 166-175
Era Cenozoica, 134-135
Era Mesozoica, 132-133
Maníferos carnívoros, 168-169
Maníferos ovíparos, 166
Maníferos primitivos, 166-167
Maníferos ungulados, 170-171
Mamut lanudo, 172-173
Mamuts, 172
Mandíbula, nervio de la
Aspidocéfalos, 148
Mandíbulas
Aegyptopithecus, 175
Cainotherium, 171
Cynognathus, 155
Daphoenus, 169
Diprotodon, 167
Dankovosius, 149
Glyptodon, 167
Gomphotherium, 172
Hyacodon, 169
Merycoidodon, 171
Moeritherium, 172
Neanderthal, 175
Osteodontornis, 165
Parasauroplophus, 163
Patagopteryx, 164
Phiomia, 172
Psittacosaurus, 162
Pterodactylus, 158
Smilodon, 169
Stegoceras, 162
Toxodon, 170
Triceratops, 162
Ursus spelaeus, 168
Maniraptoros, 164
Manto, 144
Margaritas, 141
Marsupiales, 166
Masas terrestres
Primeros desplazamientos, 130
Ubicaciones en el Eoceno, 135
Ubicaciones en el Jurásico, 133
Ubicaciones en el Ordovícico
Medio, 131
Mastodontes, 172-173
Matonia braunii, 137
Matonia pectinata, 137
Mauldinia mirabilis, 140
Mawsonites, 126, 128

Maxilar
Aegyptopithecus, 175
Archaeopteryx, 165
Cainotherium, 171
Cráneos de vertebrados, 153
Cynognathus, 155
Daphoenus, 169
Dimetrodon, 131
Gomphotherium, 172
Hesperornis, 165
Homo erectus, 175
Homo rudolfensis, 175
Hoplophoeus, 169
Hyacodon, 169
Ichthyosaurus, 157
Merycoidodon, 171
Moeritherium, 172
Neanderthal, 175
Osteodontornis, 165
Phiomia, 172
Phorusrhacus, 165
Sivatherium, 171
Stegoceras, 162
Stegodon, 172
Megaloceros, 135
Megáspora, 136-137
Megásporangio, 137
Megatherium americanum, 166-167
Membrana plasmática, 129
Merycoidodon, 170-171
Mesonychids, 168
Metacarpo
Archaeopteryx, 164
Cryptoclidus, 157
Eryops, 152
Euoplocephalus, 163
Glyptodon, 166
Neanderthal, 175
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Metatarso
Archaeopteryx, 164
Australopithecus, 174
Carnotaurus, 160
Compognathus, 161
Eryops, 153
Euoplocephalus, 163
Euparkeria, 158
Glyptodon, 166
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Smilodon, 168
Metatarsos Patagopteryx, 165
Microspora, 136-137
Microsporangio, 137-138
Mini-planetas, colisión con la
Tierra, 128
Mimmi paravertebrado, 162-163
Mitochondrias, 129
Moeritherium, 172-173
Molares
Cainotherium, 171
Cynognathus, 155
Gomphotherium, 172
Moeritherium, 172
Phiomia, 172
Stegodon, 172
Toxodon, 170
Ursus spelaeus, 168
Moluscos
Cronograma, 176
Descripción, 144-145
Evolución, 130
Molleja
Carnotaurus, 161
Euoplocephalus, 163
Patagopteryx, 165
Monocotiledóneas, 140
Monograpus, 143
Monos, 174
Monotremas, 166-167
Mosasaurios, 156
Macrosphirifer mucronata, 145
Muscultura caudal
Carnotaurus, 160
Muscultura caudal lateral
Euoplocephalus, 163
Muscultura cervical
Carnotaurus, 161
Euoplocephalus, 163
Euparkeria, 159
Músculo crural anterior
Carnotaurus, 160
Patagopteryx, 165
Músculo crural posterior
Patagopteryx, 165
Músculo extensor digital
Euoplocephalus, 163
Músculo femoral
Patagopteryx, 165
Músculo femoral posterior
Carnotaurus, 160
Patagopteryx, 165
Músculo gastrocnemio
Carnotaurus, 160
Músculo iliofibular
Euparkeria, 158

Músculo iliobibial
Euoplocephalus, 163
Músculo ventral antebraquial
Euoplocephalus, 163
Musgos, 136
N
Nariz
Aegyptopithecus, 134, 175
Arsinoitherium, 135
Benthosuchus, 132
Cryptoclidus, 157
Cynognathus, 155
Dimetrodon, 131
Diplocaulus, 152
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Homo erectus, 175
Homo rudolfensis, 175
Hoplophoeus, 169
Megaloceros, 134
Moeritherium, 172
Neanderthal, 175
Parasauroplophus, 163
Phorusrhacus, 163
Psittacosaurus, 162
Sinokannemeyeria, 154
Stegodon, 172
Toxodon, 170
Triceratops, 162
Nariz Primeros tetrapódos, 153
Nautiloides, 133-144
Neandertalenses, 174-175
Nema, 142
Neusticosaurus pusillus, 157
Nodo, 136
Nódulos *Cheiracanthus*, 150
Noreste de África, 131
Norteamérica
Ubicación en el Eoceno, 135
Ubicación en el Jurásico, 133
Ubicación en el Ordovícico
Medio, 131
Notosaurios, 156-157
Notoungulados, 170
Nuca, placa, 149
Núcleo, 129
Núcleo de endosperma, 141
Núcleo del tubo polínico, 141
Núcleo polar, 141
O
Occipital, hueso Hoplophoeus, 169
Occipital, región
Cainotherium, 171
Merycoidodon, 171
Occiput
Moeritherium, 172
Phiomia, 172
Océanos, formación, 128
Oído, Concha bivalva, 145
Ombiligo
Concha de Ammonite, 144
Concha Nautiloide, 130, 133
Omóplato
Archaeopteryx, 164
Arsinoitherium, 135
Carnotaurus, 161
Compognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euoplocephalus, 163
Euparkeria, 158-159
Glyptodon, 166
Neusticosaurus, 157
Patagopteryx, 165
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 168
Toxodon, 170
Opérculo
Acanthostega, 153
Cheiracanthus, 150
Órbita
Acanthostega, 153
Aegyptopithecus, 134, 175
Archaeopteryx, 164
Arsinoitherium, 135
Benthosuchus, 132
Cainotherium, 171
Compognathus, 161
Cryptoclidus, 157
Cynognathus, 155
Daphoenus, 169
Dimetrodon, 131
Diplocaulus, 152
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Gomphotherium, 172
Homo erectus, 175
Hoplophoeus, 169
Hyacodon, 169
Ichthyosaurus, 133, 157
Megaloceros, 135

Merycoidodon, 171
Moeritherium, 172
Neanderthal, 175
Neusticosaurus, 157
Parasauroplophus, 163
Phiomia, 172
Phorusrhacus, 165
Protoceratops, 162
Psittacosaurus, 162
Pterodactylus, 158
Rhamphorhynchus, 133
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Sivatherium, 171
Smilodon, 169
Stegoceras, 162
Stegodon, 172
Toxodon, 170
Triceratops, 162
Oreja externa Proboscídeos, 173
Organismos multicelulares
Aparición, 126
Evolución, 130
Organismos unicelulares, 126
Ornithorhynchus, 167
Oso de cueva, 168
Oso homínido, 160
Oso homínido, espinudo, 166
Ossicles, 147
Ossicones Sivatherium, 171
Osteictios, 150-151
Osteodontornis, 164-165
Ovario Plantas con flor, 141
Óvulo
Cicas, 139
Gimnospermas, 138
Plantas con flores, 140-141
Oxígeno, 128
P
Pacicefalosaurios, 162-163
Paisaje de la Era Mesozoica, 156
Pájaros
Cronograma, 177
Descripción, 164-165
Surgimiento, 132
Pájaros con denticulos, 164-165
Pájaros que cantan, 135
Palea, 141
Palmas, 140
Panderichthys, 150-151
Panel sensorial, 148
Pangea, 130-131, 132
Pantanos de carbón, 136
Papila, 138
Paracatherium, 170
Parasauroplophus, 162-163
Parietal
Aegyptopithecus, 175
Cynognathus, 155
Heliobatis, 150
Hesperornis, 165
Homo rudolfensis, 175
Homo erectus, 175
Neanderthal, 175
Osteodontornis, 165
Parietal, capucha Triceratops, 162
Parietal, hueso Protoceratops, 162
Parte posterior del esófago
Pastizales
En la Era Cenozoica, 134-135
Plantas con flores, 140
Pastos, 141
Pastos, vainas, 141
Patagopteryx deferrariisi, 164-165
Peces
Acorazados, 148-149
Lobulados, 150-151
Modernos, 150-151
Óseos, 150-151
Primeros conocidos, 148
Sin mandíbulas, 148
Peces acorazados, 177
Peces cartilaginosos
Cronograma, 177
Descripción, 150
Peces de aleta radial
Cronograma, 177
Descripción, 150-151
En la Era Paleozoica, 130
Peces primitivos, 148-149
Peces pulmonados, 177
Pecten beudanti, 145
Pediculo de la valva, 145
Pedículo, 140
Pelaje
Mammuthus primigenius, 173
Pelicosaurios, 154-155
Película carbónica, 136
Peloneustes, 157
Pelvis, unión, 150
Pentasterea cottsworthiae, 147
Perezoso, 169
Perezoso gigante, 169
Perezosos, 166

Período Cámbrico
En cronograma geológico, 126
En la Era Paleozoica, 130
Moluscos y braquiópodos, 144
Primeros vertebrados, 142
Período Carbonífero
En el cronograma
geológico, 126-127
En la Era Paleozoica, 130
Gimnospermas, 138
Peces primitivos, 148
Primeras plantas
esporozóicas, 136
Primeros invertebrados, 142
Primeros reptiles diápsidos, 156
Reptiles primitivos, 154
Período Cretácico
Anfibios, 152
Arcosaurios, 158
Dinosaurios ornitisquios
Dinosaurios sauriscios
En el cronograma
geológico, 126-127
En la Era Mesozoica, 132
Plantas con flor, 140
Período Cuaternario
Cronograma geológico, 126-127
Era Cenozoica, 134-135
Período Devónico
Anfibios, 152
En el cronograma geológico
En la Era Paleozoica, 130
Equinodermos, 146
Gimnospermas, 138
Placodermos, 148-149
Plantas esporozóicas, 136
Período Jurásico
Cronograma geológico, 126-127
Era Paleozoica, 132-133
Primeros pájaros, 164
Reptiles marinos, 156
Reptiles sinápsidos, 154
Período Misisipico, 127
Período Ordovícico
Cronograma geológico
Era Paleozoica, 130
Primeros peces, 148
Período Pensilvánico, 127
Período Pérmico
Cronograma geológico, 126-127
Era Paleozoica, 128-129
Gimnospermas, 138
Temnospondilios, 152
Período Silúrico
Cronograma geológico, 127
Era Paleozoica, 130
Primeras esporozóicas, 136
Surgimiento peces modernos, 150
Período Terciario
Cronograma geológico, 126
Era Cenozoica, 134-135
Mamíferos, 166-175
Pájaros, 164
Pastos, 140
Período Triásico
Arcosaurios, 158
Cronograma geológico, 126-127
Dinosaurios, 160
Era Mesozoica, 132
Reptiles marinos, 156
Reptiles primitivos, 154
Perisodáctilos, 126-127
Perisodáctilos, 170-171
Perisporo, 137
Perros-osos, 168-169
Pétalo, 140-141
Pez diablo
Cronograma, 177
Evolución, 148
Pez estrella, 146-147
Phiomia, 172-173
Phorusrhacus inflatus, 164-165
Pico
Euoplocephalus, 163
Mimmi, 163
Pájaros, 164-165
Pinna
Hoja, 132
Oreja, 173
Pinula Estrella tipo pluma, 146
Pinulas, 146-147
Pinus silvestris, 138
Placa basal, 147
Placa cigomática
Aegyptopithecus, 134
Placa dorsal, 149
Placa dorsal media, 149
Placa lateral ventral posterior, 149
Placa radial, 147
Placa submarginal, 149
Placenta, 166
Placentarios, 166
Placodermos, 148
Placodontes, 156-157

Plantas con bulbo, 140
Plantas con flor
Cronograma, 178
Descripción, 140-141
Era Mesozoica, 132
Producción de semillas, 141
Plantas esporozóicas, 136-137
Plantas primitivas
Aparición, 130
Cronograma, 178
Descripción, 136
Plantas terrestres
Cronograma, 178
Era Paleozoica, 130
Plantas Esporozoarias, 136
Plantas vasculares, 136
Plaquetas, 141
Platananthus hueberi, 141
Platyceras halliotsi, 145
Platyrus, 166-167
Plesiosauros, 156
Pliosaurus
Pluma de ala
Archaeopteryx, 164
Pluma de la cola
Archaeopteryx, 164
Archopteryx, 165
Plumas *Archaeopteryx*, 164
Podocarp, 139
Polen Dacrydium, 139
Polen de amapola, 140
Polen de cedro japonés, 138
Polycolpites clavatus, 141
Polychaetes, 142-143
Poro genital, 146
Posición de los reptiles, 154
Premaxilar
Archaeopteryx, 165
Cráneos de pájaros, 165
Cráneos de reptiles, 155
Cynognathus, 155
Dimetrodon, 131
Eryops, 152
Gomphotherium, 172
Hesperornis, 165
Ichthyosaurus, 157
Moeritherium, 172
Osteodontornis, 165
Phiomia, 172
Smilodon, 169
Stegodon, 172
Tipos de cráneos de vertebrados, 153
Premolar
Cainotherium, 171
Cynognathus, 155
Hoplophonus, 169
Hyaenodon, 169
Moeritherium, 172
Phiomia, 172
Toxodon, 170
Ursus, 168
Premolar carnívoro
Hoplophonus, 169
Hyaenodon, 169
Primates, 174-175
Primeros bosques, 130
Primeros invertebrados, 142-143
Primeros mamíferos, 166-167
Primeros monos, 174
Primeros reptiles, 154-155
Primeros tetrápodos
Amniotas, 154-155
Anfibios, 152-153
Proboscídeos, 172-173
Prociarotas, 126, 128-129
Proceso angular
Cynognathus, 155
Daphneus, 169
Hyaenodon, 169
Proceso retroarticular
Aegyptopithecus, 134
Cynognathus, 155
Gomphotherium, 172
Phiomia, 172
Progimnospermas, 178
Pronephrium asperum, 137
Protistas
Cronograma animal, 176
Cronograma plantas, 178
Época Precámbrica, 128
Protoceratops andrewsi, 162
Protogadeca allonensis, 140
Protozoarios, 128-129
Protuberancias radiales, 144
Proyección vertebral
Edaphosaurus, 155
Pterichthyodes, 148
Pterichthyodes milleri, 149
Pteridófitas, 136
Pterobranquios, 142
Pterocoma pennata, 146
Pterodactylus kochi, 158
Pterosaurios
Arcosaurios, 158
Era Paleozoica, 132-133
Pubis
Carnotaurus, 161
Dinosaurios ornitómicos, 161
Dinosaurios sauríomios, 161
Euparkeria, 158
Neanderthal, 175
Patagopteryx, 165
Smilodon, 168
Tyrannosaurus, 160
Pulmón
Carnotaurus, 161
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 159
Patagopteryx, 165
Q
Quelicerados, 146
Quitones, 144-145
R
Radio
Archaeopteryx, 164
Arsinoitherium, 135
Australopithecus, 174
Compsognathus, 161
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euparkeria, 159
Glyptodon, 166-167
Hyaenodon, 169
Neanderthal, 175
Patagopteryx, 164
Protoceratops, 162
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 169
Radio preaxial, 151
Raíz adventicia, 136
Ranas, 152
Rancho La Brea, 169
Raquis, 132-133
Región del Gran Cañón, 126-127
Reino animal, 176
Reino vegetal, 178
Reinos, 128
Renacuajos, 152
Reptiles
Descripción, 154, 163
Era Mesozoica, 132
Era Paleozoica, 130
Tipos de cráneos, 155
Reptiles con "abanico", 154-155
Reptiles diápsidos
Arcosauriomorfos, 158-159
Definición, 154-155
Marinos, 156-157
Reptiles herbívoros, 154
Reptiles marinos
Descripción, 156-157
Era Mesozoica, 132-133
Reptiles marinos, 156-157
Reptiles modernos, 156
Reptiles primitivos, 154-155
Reptiles sinápsidos, 154-155
Reptiles terápsidos
carnívoros, 154-155
Reptiles tipo delfín, 156
Reptiles tipo mamífero
Cronograma, 177
Descripción, 154-155
Rhabdosoma, 142
Rhamphorhynchus, 133
Rhizophora, 137
Rhizopterion cribosum, 143
Rhynophytes, 178
Ribosomas, 129
Rinoceronte gigante, 170
Rinoceronte lanudo, 170
Rinocerontes, 170
Riñón, 159
Río Colorado, 127, 135
Rizomas, 136
Roca sedimentaria, 126
Rostro, 147
Rótula
Smilodon, 168
Toxodon, 171
Rotularia, 142-143
Rumiantes, 134
S
Saccus, 139
Sacro
Cryptoclidus, 156
Arsinoitherium, 135
Australopithecus, 174
Compsognathus, 161
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euparkeria, 159
Glyptodon, 166-167
Hyaenodon, 169
Neanderthal, 175
Patagopteryx, 164
Protoceratops, 162
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 169
Radio preaxial, 151
Raíz adventicia, 136
Ranas, 152
Rancho La Brea, 169
Raquis, 132-133
Región del Gran Cañón, 126-127
Reino animal, 176
Reino vegetal, 178
Reinos, 128
Renacuajos, 152
Reptiles
Descripción, 154, 163
Era Mesozoica, 132
Era Paleozoica, 130
Tipos de cráneos, 155
Reptiles con "abanico", 154-155
Reptiles diápsidos
Arcosauriomorfos, 158-159
Definición, 154-155
Marinos, 156-157
Reptiles herbívoros, 154
Reptiles marinos
Descripción, 156-157
Era Mesozoica, 132-133
Reptiles marinos, 156-157
Reptiles modernos, 156
Reptiles primitivos, 154-155
Reptiles sinápsidos, 154-155
Reptiles terápsidos
carnívoros, 154-155
Reptiles tipo delfín, 156
Reptiles tipo mamífero
Cronograma, 177
Descripción, 154-155
Rhabdosoma, 142
Rhamphorhynchus, 133
Rhizophora, 137
Rhizopterion cribosum, 143
Rhynophytes, 178
Ribosomas, 129
Rinoceronte gigante, 170
Rinoceronte lanudo, 170
Rinocerontes, 170
Riñón, 159
Río Colorado, 127, 135
Rizomas, 136
Roca sedimentaria, 126
Rostro, 147
Rótula
Smilodon, 168
Toxodon, 171
Rotularia, 142-143
Rumiantes, 134
S
Saccus, 139
Sacro
Cryptoclidus, 156
Arsinoitherium, 135
Australopithecus, 174
Compsognathus, 161
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euparkeria, 159
Glyptodon, 166-167
Hyaenodon, 169
Neanderthal, 175
Patagopteryx, 164
Protoceratops, 162
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 169
Serpula, 142-143
Siberia, ubicación en el Ordovícico Medio, 131
Sicula, 142
Sierra Nevada, surgimiento, 135
Silvianthum sueticum, 140
Simios, 174
Sinokannemeyeria, 155
Sinokannemeyeria yinchuensis, 154-155
Sivatherium, 170-171
Slimehead, 151
Smilodon, 168-169
Spanomera mauldinensis, 140-141
Stegoceras, 162
Stegodon, 172-173
Sudáfrica, ubicación en el Ordovícico Medio, 131
Sudamérica
Mamíferos en el Cenozoico, 134
Mamíferos primitivos, 166
Mamíferos ungulados, 170
Pájaros terrestres, 164-165
Ubicación en el Eoceno, 135
Ubicación en el Jurásico, 133
Ubicación en el Ordovícico Medio, 131
Super reinos, 128
T
Tácula, 143
Talo
Hepática, 136
Tarsos
Cryptoclidus, 156
Teca
Graptolite, 142
Tegodontos, 158-159
Tegumento, 139
Tennospondilios
Cronograma, 172
Descripción, 152
Tendón
Patagopteryx, 165
Tentáculos
Ammonites, 144
Belemnites, 144
Pólipo de coral, 143
Tépalo, 140
Terápsidos, 154-155
Teria, 166
Terápsidos
En surgimiento de anfibios, 152
Era Paleozoica, 130-131
Westlothiana lizziae, 154
Thyestes, 148
Tibia
Archaeopteryx, 164
Arsinoitherium, 135
Australopithecus, 174
Compsognathus, 161
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euparkeria, 158
Glyptodon, 166
Neusticosaurus, 157
Peces de aletas lobuladas, 151
Peces de aletas radiales, 151
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 155
Smilodon, 168
Tibio tarso, 165
Tiburón espinado, 166
Tiburones, 150
Tiráfidos, 162-163
Tórax, 147
Tortugas
Cronograma, 177
Evolución, 156
Arthrodon, 149
Gomphotherium, 172
Loxodonta, 173
Mamut lanudo, 172-173
Phiomia, 172-173
Sinokannemeyeria, 154
Stegodon, 173
Toxodon, 171
Toxodon platensis, 170-171
Trachysphyllia chipolona, 143
Tráquea, 161
Tremataspis, 148
Triceratops, 162
Tricodontos, 166
Trichome, 140
Trigonocarpus adamsi, 138
Tribolites
Cronograma, 176-177
Descripción, 146-147
Tritón (salamandra), 152
Trompa
Mammuthus primigenius, 173
Tubérculo, 146
Tubo polínico
Gimnospermas, 138-139
Plantas con flor, 140-141
Tubo polínico conifera, 138
Tubo, pies, 146-147
Tuojiangosaurus, 162
Tyrannosaurus, 160
Tyrannosaurus rex, 160
U
Uña
Archaeopteryx, 164
Arsinoitherium, 135
Australopithecus, 174
Compsognathus, 161
Diprotodon, 167
Eryops, 152
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 158
Glyptodon, 166-167
Neanderthal, 175
Patagopteryx, 164
Protoceratops, 162
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 169
Umbo, 145
Undina penicillata, 151
Ungulados
Descripción, 170-171
Pleistoceno, 135
Ungulados, perisodáctilos, 170-171
Unión de la cadera
Smilodon, 168
Uretra
Euplocephalus, 163
Valva braquial, 145
Valvas
Concha molusco, 145
Vejeas natatorias, 150
Vértebra caudal Raya, 150
Vértebra torácica, 159
Vertebrados
Cronograma, 176
Primeros, 148
Vértabras
Hominidos, 174
Raya, 150
Vértabras caudales
Carnotaurus, 160
Compsognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Diprotodon, 167
Euplocephalus, 163
Euparkeria, 158
Neusticosaurus, 157
Protoceratops, 162
Scaphonyx, 159
Smilodon, 168
Vértabras cervicales
Archaeopteryx, 164
Compsognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Diprotodon, 167
Glyptodon, 167
Neusticosaurus, 157
Protoceratops, 164
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 154
Smilodon, 169
Toxodon, 170
Vértabras dorsales
Archaeopteryx, 164
Carnotaurus, 161
Compsognathus, 161
Cryptoclidus, 156
Diprotodon, 167
Edaphosaurus, 155
Glyptodon, 167
Neusticosaurus, 157
Protoceratops, 162
Pterodactylus, 158
Scaphonyx, 159
Sinokannemeyeria, 155
Smilodon, 168
Toxodon, 171
Vestíbulo
Cephalaspis
Cráneo cefalaspis, 148
Vista ecuatorial Gramo de polen, 141
Volcanes, 128
W
Westlothiana lizziae, 154
X
Xystidura saint-smithii, 147
Z
Zooide Graptolito, 142
Zosterofilia, 178

Agradecimientos

Dorling Kindersley desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas por la asesoría y asistencia editorial prestada:

Madeline Harley, fósiles de polen 136-141; Marie Kurmann, fósiles de esporas y polen de gimnospermas 136-139; Darrin Dooling, fotografías de *Equisetum giganteum* 136, *Pronephrium* 137, y conos de cicadáceas 139; Alan Hemsley, plantas 126-141 y cronograma de plantas 178; Pat Hendersen, Else Marie Friis y Joseph Thompson, plantas con flores 140-141; Sue Rigby, graptolitos 142; Douglas Palmer, graptolitos y corales 142-143 y cronograma animales 176-177; Jenny Clack, anfibios 152-153, investigación en la maqueta de *Acanthostega gunnari* 153, y por su ayuda junto a Elisabeth Hilde en el cronograma animales 176-177; Michael Coates, por su asesoría en la clasificación e investigación en la maqueta del *Acanthostega* 153; Richard Hammond, por asesoría y asesoría *Euparkeria capensis* 158-159 y a Colin Harris, asesoría en pájaros 164-165.

Dorling Kindersley agradece también a quienes facilitaron o fabricaron las maquetas mostradas aquí. Roby Braun: *Carnotaurus sastrei* 121, 160-161; John Holmes: *Hyracotherium* 125, 169, *Westlothiana lizziae* 123, 154, y *Euplocephalus* 162-163; Richard Hammond y University Museum, Oxford: *Acanthostega gunnari* 153; Royal Scottish Museum: *Aglaophyton* 136; Natural History Museum, London: *Cothurnocystis elizae* 146, *Archaeopteryx* 164, y *Smilodon* 168; y al Royal British Columbia Museum, Victoria, Canada: mamut lanudo 172-173.

Modelo de estrella de mar, p. 147, por Somso-Modelle, Coburg, Alemania.

Agencias de fotografías y personas quienes facilitaron las fotografías para este título: (Abreviaturas s = superior i = inferior iz = izquierda d = derecha c = centro)

Department of Library Services, American Museum of Natural History/D. Finnin/C. Chesek (negativo N° 4936/ 3) 174iz; Cleveland Museum of Natural History 149id; Simon Conway Morris 142sz; Else Marie Friis 140sd, ed, iz, 141ic; David George 143sd; Pat Herenden 140iz, ic, id, 141ciz, iz; Andrew H. Knoll 128sd, 129ic, id; Ligabue Studies and Research Centre Archive, Venice 162iz; Natural History Museum, London 164iz, 166-167i, 168i; OSF/G. I. Bernard 148sz; Douglas Palmer 142id; Sue Rigby 142iz, 142ic; Royal Botanic Gardens, Kew 136cd, 137ciz, cizi, 138id, ic, 139iz, ic, 141ic; Science Photo Library/ Walter Alvarez 126iz, Jeremy Burgess 140sz; Thomas N. Taylor 137sz; and Joseph R. Thomasson 141sz.

Museos que han permitido a Dorling Kindersley tomar fotografías:

University Museum, Oxford; Hunterian Museum, Glasgow University; Natural History Museum, London; Royal Scottish Museum, Edinburgh; Yorkshire Museum; Queensland Museum, South Brisbane; Royal British Columbia Museum, Victoria; Royal Tyrrell Museum of Paleontology, Alberta; Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt; and Institut und Museum für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen; el cráneo de *Acanthostega gunnari*, p. 153, fue fotografiado en el Museo de Zoología de Cambridge, en préstamo por el Museo Geológico de Copenhague.

Fotógrafos de Dorling Kindersley:

Andy Crawford, Steve Gorton y Sarah Ashun.

Ilustraciones adicionales:

Selwyn Hutchinson, Alison Ellis, Mei Lim, Alex Pang e Ingegerd Svensson (los ilustradores principales están mencionados en forma separada al inicio de la obra).